

Tartu Ülikool
Arvutiteaduse Instituut
Informaatika õppekava

Salme Ussanov

Kolmemõõtmelise kasutajaliidese disain ja arendus

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Madis Vasser, MSc

Tartu 2019

Kolmemõõtmelise kasutajaliidese disain ja arendus

Lühikokkuvõte:

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on leida kõige paremad disainilahendused lihtsa ja kergesti käsitletava kolmemõõtmelise kasutajaliidese loomiseks haridusliku sisuga virtuaalreaalsusrakendusele Futuclass, mida arendab Futulabs OÜ. Lisaks teoreetilisele ülevaatele valmis töö käigus ka erinevate kasutajaliidese interaktsioonidega prototüüp, mida kasutati võrdlevas katses. Katses mõõdeti, kui palju aega kulub kasutajatel erinevate ülesannete täitmiseks erinevate disainilahenduste puhul. Katse tulemuse analüüsimise käigus selgus oodatult, et kolmemõõtmelises menüüs kulus inimestel ülesannete täitmiseks keskmiselt vähem aega kui kahemõõtmelises menüüs. Lisaks näitas katse tulemuste analüüs, et kasutajatele tekitavad raskusi liigutused, mida nad ei ole harjunud tavapäraselt tegema.

Võttesõnad:

Virtuaalreaalsus, kasutajaliidese disain, kasutajaliidese arendus, arvutimäng, analüüs, Unreal Engine

CERCS:

P170: Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine

P175: Informaatika, süsteemiteooria

Three-dimensional user interface design and development

Abstract:

The aim of this Bachelor's thesis is to find the best designs for creating a simple and easy-to-handle three-dimensional and educational user interface for the VR application Futuclass, developed by Futulabs OÜ. In addition to the theoretical review, a prototype was created with different three-dimensional user interface interactions, which was used in the comparative experiment. The experiment measured how much time users spend on different tasks using different designs. Analyzing the test results, it appeared that the three-dimensional menu required people to spend less time on tasks than on a two-dimensional menu. In addition, the analysis showed that people had difficulty using movements they don't use in the real world with the associated task.

Keywords:

Virtual reality, user interface design, user interface development, computer game, Unreal Engine

CERCS:

P170: Computer science, numerical analysis, systems, control

P175: Informatics, systems theory

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	5
2. Virtuaalreaalsus.....	7
2.1. Virtuaalreaalsuse seadmed.....	7
2.2. Puldid.....	9
2.3. Küberiiveldus.....	9
3. Kasutajaliides.....	11
3.1. Kasutajaliidese komponendid.....	11
3.2. Kahe- ja kolmemõõtmelise kasutajaliidese erinevus.....	11
4. Erinevate valdkonna liidrite soovitusel.....	13
4.1. Meta Augmented Reality.....	13
4.2. Meta Augmented Reality disainisoovitused.....	13
4.2. Futuuum VR OÜ.....	14
4.3. Futuuum VR OÜ disainisoovitused.....	15
4.4. Google Cardboard.....	16
4.5. Google Cardboard'i disainisoovitused.....	16
5. Interaktsioonide analüüs Job Simulatori põhjal.....	18
5.1. Job Simulator.....	18
5.2. Interaktsioonide analüüs.....	19
5.2.1. Simulaatorisse sisenemine.....	19
5.2.2. Kontrolleri nupud.....	19
5.2.3. Esemete haaramine.....	21
5.2.4. Nutikas ruumilahendus.....	22
5.2.5. Esemete paigutamine simulatsiooni poolt nõutud kohale.....	22
5.2.6. Tagasiside tehtud ülesandest.....	23
5.2.7. Job Simulator interaktsioonide kokkuvõte.....	24
6. Interaktsioonide analüüs Arizona Sunshine põhjal.....	26
6.1. Arizona Sunshine.....	26
6.2. Interaktsioonide analüüs.....	26
6.2.1. Kontrolleri nupud.....	26
6.2.2. Kõrguse kalibreerimine.....	28
6.2.3. Nuppude ja mängu õpetus.....	28

6.2.4. Menüü	30
6.2.5. Sätete kassetid	31
6.2.6. Mängu sisenemine ja väljumine	31
6.2.7. Arizona Sunshine interaktsioonide kokkuvõte.....	32
7. Prototüüp	34
7.1. Kirjeldus.....	34
7.1.1. Menüüde disain	35
7.2. Töö käik	35
7.2.1. Mängumootori Unreal Engine <i>blueprint</i>	35
7.2.2. Mängumootoris Unreal Engine olemasolevad <i>blueprint</i> 'id.....	35
7.2.3. Kahemõõtmeline menüü	36
7.2.4. Kolmemõõtmeline menüü	37
7.2.5. Käekella menüü	39
7.2.6. Mängutasemed.....	39
8. Katse analüüs	40
8.1. Kirjeldus.....	40
8.2. Meetod	40
8.3. Tulemuste analüüs	41
9. Kokkuvõte.....	43
10. Tänuõnad.....	44
11. Viidatud kirjandus	45
Lisad	47
I. Futuruum VR OÜ statistika.....	47
II. Kontrolleri nuppude nimed (HTC Vive).....	48
III. Kahemõõtmelise menüü kõik vaated.....	49
IV. Katsetulemuste diagrammid	50
V. Litsents.....	52

1. Sissejuhatus

Virtuaalreaalsuse (VR) populaarsus on hakanud viimaste aastate jooksul järjest kasvama [3]. Turule tekib järjest rohkem üksteisega konkureerivad virtuaalreaalsuse seadmete tootjaid. Nende hulka kuuluvad Oculus Rift¹, Valve Corporation², HTC³, Microsoft⁴ ja Sony Computer Entertainment⁵ [4]. Virtuaalreaalsust kasutatakse tänapäeval paljudes erinevates valdkondades, näiteks meelelahutuses⁶, sõjaväes⁷, spordis⁸, hariduses⁹, arenduses¹⁰ ja paljudes muudes. VR keskkonna puhul on oluline selle tõetruudus, et tekitada inimesele veenev kohaloleku tunne. Tänapäeval on peamiseks takistuseks elulähedase keskkonna loomisel see, et VR-seadmed ei võimalda piisavalt hästi inimese mõistust ära petta ja tekitada talle tõetruu kohaloleku tunde. Seda peamiselt takistavad piirangud protsessorivõimsuses, pildi resolutsioonis ja side ribalaiuses. See ongi põhjus, miks inimestel mõnikord tekib peavalu, iiveldus ja tasakaaluhäired, kui nad kogevad virtuaalreaalsust [5]. Inimese ja arvuti interaktsioonis mängib kasutajaliides väga olulist rolli. See teeb inimese ja arvuti vahelise suhtlemise intuitiivsemaks ning kergesti õpitavaks ja kasutatavaks. Hästi disainitud kasutajaliides annab inimesele iga tema tegevuse kohta tagasisidet [6].

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on leida kõige paremad lahendused lihtsa ja kergesti käsitletava kolmemõõtmelise kasutajaliidese loomiseks haridusliku sisuga VR rakendusele Futuclass, mida arendab Futulabs OÜ¹¹. FutuClass on mõeldud kasutamiseks üldhariduskoolides ning VR mängukeskusteks, ning selle sihtriistvaraks on kvaliteetsemad VR seadmed (nt HTC Vive, Oculus Rift) ja juhtmeta seadmed (nt Oculus Quest). Hilisemas arendusfaasis on võimalik ka liitreaalsusseadmete tugi. Hetkel on ettevõttel rakendusest arendatud ainult üldine sisuline kontseptsioon. Rakenduse eesmärk on teha reaalteaduste nagu keemia, füüsika, matemaatika õppimine lõbusamaks. On väga oluline, et selle mängu kasutajaliides oleks üheti mõistetav ja lihtne, kuna seda hakkavad tulevikus kasutama enamjaolt lapsed, kes ei pruugi aru saada keerulistest menüüidest. Läbimõeldud kasutajaliides vähendab ka halduskoormust olukorras, kus sama rakendust

¹ <https://www.oculus.com/>

² <https://www.valvesoftware.com/en/>

³ <https://www.htc.com/us/>

⁴ <https://www.microsoft.com/en-us/store/b/virtualreality>

⁵ <https://www.sie.com/en/index.html>

⁶ <https://www.statista.com/chart/4602/virtual-and-augmented-reality-software-revenue/>

⁷ <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/>

⁸ <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/sport.html>

⁹ <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-education/>

¹⁰ <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/engineering.html>

¹¹ <https://www.futulabs.com/welcome>

mängivad korraga näiteks terve klassikomplekt õpilasi. Efektiivse VR kasutajaliidese disain nõuab teadmisi nii VR seadmetest, parimatest teoreetilistest soovitustest kui ka katselist lähenemist, mida kõike käesolev töö püüabki koondada.

Peatükk 2 kirjeldab detailsemalt virtuaalreaalsusest ning VR-seadmetest. Kolmas peatükk annab ülevaadet klassikalisest kasutajaliidese ja selle komponentidest. Neljandas peatükis on välja toodud mõnede VR valdkonna teenäitajate soovitusel kasutajaliidese disainile. Viiendas peatükis analüüsitakse interaktsioone mängu Job Simulator põhjal. Kuuendas peatükis analüüsitakse interaktsioone mängu Arizone Sunshine põhjal. Peatükk 7 annab ülevaadet prototüübist ja selle loomisest. Kaheksandas peatükis analüüsitakse katse tulemusi ja tuuakse välja tulemuste põhjal parimad kolmemõõtmelise kasutajaliidese interaktsioonid.

2. Virtuaalreaalsus

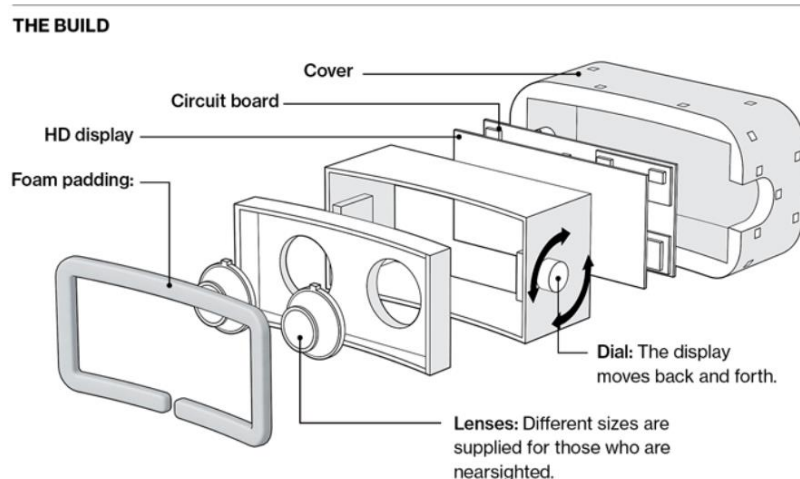
Virtuaalreaalsuse mõistet kasutatakse kolmemõõtmelise, arvutiga loodud keskkonna ja objektide simulatsiooni kirjeldamiseks. Inimene saab tajuda virtuaalset keskkonda nägemis-, kuulmis-, kompimis- ja/või lõhnameelte abil ning selle keskkonnaga interakteeruda. Selleks kasutatakse erinevat tüüpi seadmeid, näiteks andmekindaid, kuvarprille, pulte jt. Virtuaalreaalsus pakub inimestele võimalust kogeda ja manipuleerida virtuaalset keskkonda nii, nagu see oleks reaalne maailm [1, 2, 5].

2.1. Virtuaalreaalsuse seadmed

VR-seadmed on VR-tehnoloogias kasutatav riistvara. Sisendseadmed aitavad kasutajal navigeerida virtuaalreaalses keskkonnas. Sellisteks seadmeteks võivad olla nuppudega kontrollid, liikumisandurid, andmekindad, juhtkangid jt. Väljundseadmed esitlevad kasutajale VR-keskkonna sisu ning tekitavad ümbritseva tunde [7].

Igas VR peaseadmes on hulk sensoreid, objektive, kuvareid ja teisi erinevaid komponente. Peaseadme komponendid on välja toodud joonisel 1. Kolm kõige levinumat sensorit VR peaseadmes on magnetomeeter, kiirendusmõõtur ja güroskoop. Need on vajalikud peaseadme suuna ja orientatsiooni arvutamiseks. Läätsed fokuseerivad ja kujundavad pilti kummagi silma jaoks, et tekitada sügavustaju mulje. Kuvaritele kuvatakse pildid, mida inimene näeb läbi läätsede [8].

Joonis 1. VR peaseadme komponendid¹²



¹² <https://www.realitytechnologies.com/virtual-reality/>

2019. aasta alguse seisuga populaarsemad VR-seadmed arvutitele ja konsoolidele on HTC Vive, Oculus Rift, Sony PlayStation VR ning mobiiltelefonidele Samsung Gear VR, Google Cardboard, Google Daydream View ja Merge VR/AR goggles [9]. Erinevate VR peaseadmete võrdlus on välja toodud tabelis 1.

Tabel 1. VR peaseadmete võrdlus¹³

Spetsifikatsioon	HTC Vive	Oculus Rift	PSVR	Samsung Odyssey	Oculus Go	HTC Vive Pro	Lenovo Explorer	Samsung Gear VR
Pilt								
Max vaateväli	110°	110°	110°	110°	100°	110°	110°	96°
Max resolutsioon	2160x1200 (1080x1200 silma kohta)	2160-1200 (1080x1200 silma kohta)	1920x1080 (960x1080 silma kohta)	2880x1600 (1440x1600 silma kohta)	2560x1440	2880x1600 (1440x1600 silma kohta)	2880x1440 (1440x1600 silma kohta)	2560x1440
Ekraani tüüp	Duel AMOLED	Duel AMOLED	AMOLED	AMOLED	Fast-Switch WQHD LCD	Duel MOLED	LCD	AMOLED
Pikslite tihedus	461ppi	456ppi	386ppi	615ppi	Info puudub	615ppi	706ppi	-
Sensorid	Kiirendus-mõõtur, güroskoop	Kiirendus-mõõtur, güroskoop, magneto-meeter	Kiirendus-mõõtur, güroskoop	6-teljeline kiirendus-mõõtur, güroskoop, lähedus-sensor, IPD sensor	Güroskoop	Steam VR jälgimine, G-sensor, güroskoop, lähedus-sensor, IPD sensor	Lähedus-sensor, güroskoop, kiirendus-mõõtur, magneto-meeter	Kiirendus-mõõtur, güroskoop, geomagnetiline sensor, lähedus-sensor
Max värskendus sagedus	90 Hz	90 Hz	90 Hz, 120 Hz	90 Hz	Info puudub	90 Hz	90 Hz	60 Hz
Jälgimine	6 DOF IR laseripõhine 360-kraadine jälgimine kasutades „Lighthouse“ baas jaamasid	6 DOF Constellation kaamera optiline 360.-kraadine IR LED jälgimine	6 DOF PlayStation kaamera optiline 360-kraadine LED jälgimine	2 x 6 DOF kaamera	Orientatsiooni jälgimine	-	2 x liikumist jälgiv kaamerad	N/A
Kaal	563 g	470 g	610 g	644 g	Info puudub	-	380 g	310 g
Nõuded	Arvuti VR Ready toega	Arvuti VR Ready toega	PlayStation 4	WMR ühilduv arvuti	Puuduvad	Arvuti VR Ready toega	WMR ühilduv arvuti	Samsung nutitelefoni

¹³ <http://www.threesixtycameras.com/vr-headset-comparison-table/>

2.2. Puldid

Kui kahemõõtmelises kasutajaliideses kasutatakse navigeerimiseks arvutihiirt, siis virtuaalreaalsuses on arvutihiir asendatud VR pultidega. Arvutihiire originaalnimetus on X-Y positsiooni indikaator, mis viitab sellele, et seda ei saa kasutada kolmemõõtmelises kasutajaliideses, kuna tal puudub kolmas mõõde. See on peamine erinevus arvutihiire ja VR puldi vahel. Lisaks on VR puldid inimeste jaoks piisavalt uus seade erinevalt arvutihiirest [19].

VR puldid on kasutajakogemuse saamiseks väga tähtsad, sest nad järgivad naturaalseid käte žeste objektide manipuleerimiseks virtuaalreaalsuses. VR puldid sisaldavad andureid, mis tuvastavad kasutaja asukohta ja liikumist peaseadme poolt kuvatava pildi suhtes [20].

2.3. Küberiiveldus

Järgnev lõik tugineb Anastasiia Ku artiklile [10]. Küberiiveldus¹⁴ on seisund, kus liikumine, mida inimene näeb, on erinev liikumisest, mida inimene tajub. Virtuaalreaalsuses on see kõige sagedamini esinev negatiivne tervisemõju, mille sümptomiteks on pearinglus, iiveldus, mõnel juhul ka desorientatsioon. VR puhul on selline nähtus tingitud tehnoloogia puudustest (latentsus, ebatäpne kalibreerimine, optiline moonutus jne) või sisu disainivigadest (ootamatu liikumine, sujuv kiirendus, maailma pööramine jne). Kuna küberiiveldus on lihtne tekkima just tehniliku liikumise puhul, siis antud töö käigus loodav menüü ei kasuta liikumist.

Reaalsuses, kui inimene liigutab käsi, siis silmad näevad vastavat muutust. VR-süsteemid simuleerivad sama efekti, kasutades andureid VR-seadmetes. Andurite abil jälgitaks kasutaja pea liikumist, et kuvada talle õige kaader. Kui kasutaja pea liikumise ja kaadrite vahetamise vahel tekib viivitus, mis on suurem kui sada millisekundit, siis kasutaja võib tunda küberiiveldust. See efekt on väga sarnane merehaigusega [14].

Kuna akadeemilist kirjandust parimate VR disainipraktikate osas on veel vähe, siis selle lõigu sisu on saadud videona salvestatud esitlusest. Mänguarenduskonverentsil GameDev Days¹⁵ 2018 esinenud Futuruum VR OÜ¹⁶ IT-juht Madis Vasser ja sama ettevõtte juhatuse liige Karl Lomp tõid

¹⁴ <http://www.eevr.ee/vrdictionary/cyber-sickness/>

¹⁵ <https://gamedev.ee/>

¹⁶ <https://futuruum.ee/>

näiteks mängu *AFFECTED: The Manor*¹⁷, kus mängija liikumise viisiks on sujuv tehislik liikumine (ingl *smooth locomotion*). Nende sõnul selline liikumisviis tekitab mängijale eespool kirjeldatud küberiiveldust, mistõttu inimene katkestab mängimise ning ei soovi seda enam kogeda. Parema liikumisviisiga mängu näiteks tõi *Madis Smashbox Arena*¹⁸, mille liikumisviisiks on teleporteerumine[11].

¹⁷ https://store.steampowered.com/app/707580/AFFECTED_The_Manor/

¹⁸ https://store.steampowered.com/app/530350/Smashbox_Arena/

3. Kasutajaliides

Kasutajaliides võimaldab inimesel arvutiga suhelda. See kasutab ikoone, nuppe, menüüsid, mis on mõjutatavad arvutihiire, klaviatuuri või muu taolise seadmega [6].

Eialgu olid kasutajaliidesed disainitud arvutihiire ja klaviatuuriga töötamiseks. Tänapäeval on isegi mõnel nutikülmikul oma kasutajaliides [12].

3.1. Kasutajaliidese komponendid

Kasutajaliidese loomisel on tähtis valida elemendid, mis oleksid kasutaja jaoks mingil viisil tuttavad. Graafilised kasutajaliidesed hõlmavad [13]:

- Sisendeid: märkeruudud, raadionupud, rippmenüü, loendikastid, nupud, lülitid, tekstiväljad, kuupäeva väli jt.
- Navigatsiooni komponente: menüüriba, liugurid, otsinguväli, vahelehed, ikoonid jt.
- Informatiivseid komponente: näpunäited, teated, sõnumikastid, modaalsed aknad jt.
- Konteinerid, vaata joonist 2.

Joonis 2. Näide konteinerist¹⁹



3.2. Kahe- ja kolmemõõtmelise kasutajaliidese erinevus

Suurem osa interaktiivsetest arvutisüsteemidest oleksid mõeldamatud mingit tüüpi kuvarita.

Kahemõõtmelisi kasutajaliideseid saab kuvada näiteks LCD²⁰ ekraanil, CRT²¹ ekraanil,

mobiiltelefoni ekraanil vms. Kolmemõõtmeliste kasutajaliideste puhul tuleb kasutada teistsuguseid

¹⁹ <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/user-interface-elements.html>

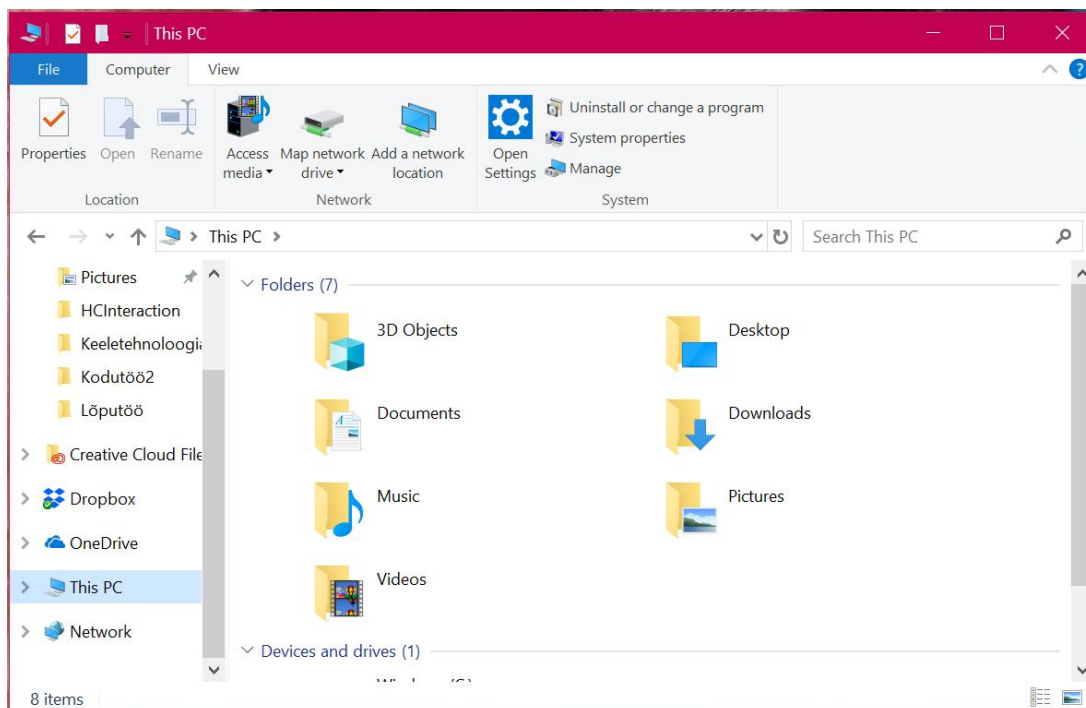
²⁰ <https://whatis.techtarget.com/definition/LCD-liquid-crystal-display>

²¹ <https://whatis.techtarget.com/definition/cathode-ray-tube-CRT>

seadmeid, näiteks VR peaseadmeid (vt. Tabel 1), mille abil saab kasutajale kuvada virtuaalset keskkonda kolmemõõtmelisena. Põhjus, miks inimene näeb reaalses maailmas ruumiliselt, on stereoskoopiline nägemine. See tähendab, et kumbki silm näeb keskkonda erineva nurga alt, kusjuures iga silm eraldi näeb keskkonda lamedana. Tuginedes sellele teadmisele, kasutatakse VR peaseadmetes stereoskoopilist ekraani, mis kuvab pildi iga silma jaoks eraldi [14].

Kolmemõõtmeline kasutajaliides tähendab, et sellele on lisatud sügavuse mõõde. Objektid saavad siin paikneda üksteise taga ja sees nagu ka reaalses maailmas. Kasutajal on võimalik pöörata ja keerata objekte kasutades selleks enda käsi, mitte arvutihiiert või sõrmeotsi, nagu kahemõõtmelises kasutajaliideses puhul [14].

Joonis 3. Kahemõõtmeline kasutajaliides



4. Erinevate valdkonna liidrite soovitused

4.1. Meta Augmented Reality

Meta Augmented Reality²² oli tuntud kui liitreaalsuse peaseadmete tootja. Meta asutati 2012. aasta detsembris. Septembris aastal 2014 Meta tutvustas ja hakkas tarnima oma esimest arenduskomplekti Meta 1. Paar aastat hiljem, 14. detsembril 2016, hakkas Meta tarnima Meta 2 arenduskomplekti klientidele, kes tegid Metaga tihedalt koostööd. Alates 2018. aasta septembrist on Meta olnud rahalistes raskustes. Nüüdseks on Meta sulgenud oma ukse ja ettevõtte vara on müüdud tundmatule firmale [15]. Kuigi Meta puhul on tegemist liitreaalsuse fookusega tootega, kattuvad nii prillidepõhise liitreaalsuse kui ka virtuaalreaalsuse disainifilosoofiad väga suurel määral.

4.2. Meta Augmented Reality disainisoovitused

Meta on kirja pannud viis soovitusi kasutajaliidese disainile, mis tõstavad kasutajakogemuse kvaliteeti [16, 17, 18]:

- Puuduta objekti selle aktiveerimiseks.
Hea tava on lisada tööriistadele või objektidele füüsilised omadused, mis viitavad nende kasutamisele ja otstarbele. Kindlasti tuleb vältida seda, et objektid või tööriistad oleksid manipuleeritavad kaugelt või abstraktsete vahenditega, näiteks nuppude ja menüüdega.
- Haaramine, tõukamine, suurendamine.
Liigutused, mida kasutaja teeb, peaksid peegeldama nende ülesannet, näiteks haaramine, tõukamine või suurendamine. Näiteks 3D mudeli suurendamiseks, et näidata selle sisu, peaks kasutaja haarama mõlemast servast ja tõmbama erinevas suunas. See kasutab kasutaja kogemusi reaalses maailmas ja kiirendab õpiprotsessi. Tuleb vältida suvalisi käsude, mida kasutaja peaks eelnevalt õppima või meelde jätma, näiteks mudeli avamine käe lehvitamisega.
- Välti käeliigutusi, mis vajavad spetsiaalseid teadmisi või meelde jätmist.
Kuigi otseteed on ahvatlevad meetmed, et muuta kiiremaks mistahes kasutajaliidese kasutust, ei pruugi nad kõigi kasutajate jaoks liidese kasutamise kiiremaks teha. Eesmärk on luua intuitiivne leksikon universaalsetest kasutusmeetmetest, mis sobiksid kõigile

²² <https://www.metavision.com/about-us/>

kasutajatele võrdselt, sõltumata nende kultuurilisest, sümboolsest või lingvistilisest taustast. Tuleb suunata kasutajaid kohtlema esemeid ja objekte neutraalsete liigutustega ning vältida abstraktseid ja diskreetseid žeste.

- Püsivus ja tööriistade kasutus.

Tööriistad, mida kasutaja on harjunud kasutama reaalses maailmas, peaksid alluma kasutaja liigutustele võimalikult reaalset. Näiteks pintsel peaks joonistama alles siis, kui ta on pressitud lõuendile, mitte läbi nupuvajutuse. Ebareaalsete meetmeid on keerulisem õppida ja ei kattu kasutaja mentaalse mudeliga ülesande täitmisest reaalses maailmas. Tuleks vältida ka kursorite kasutamist, kuna nad tekitavad lisaruumi kasutaja on tema ülesande vahele, selle asemel, et neid üksteisele lähemale tuua.

- Tagasiside on alati hea.

Pakkuda kasutajale tagasisidet, kui ta on puudutanud eset või mudelit. Valgus ja heli on head meetmed, et teavitada kokkupuutest või liikumisest ja kompenseerida puutetundliku tagasiside puudumist. Puutetundlik²³ tagasiside kasutab kommunikatsiooniks kompimismeelt, näiteks kontrolleri vibratsioon mängimise ajal.

4.2. Futuuum VR OÜ

Futuuum²⁴ on Eesti suurim virtuaalreaalsuse keskus. Kokku on Futuuumil kaks mängukeskust ehk arkaadi – Tartus Kvartali keskuses ja Tallinnas Nautica keskuses. Futuuumi juhatuse liikme Karl Lombi sõnul avati esimene Futuuum Tartus Kvartali keskuses 28. aprillil 2017. aastal. Teine Futuuumi arkaad avati 22. oktoobril 2017. aastal Tallinnas Nautica keskuses. Järgneva aasta veebruari lõpus avati Tartus Kvartali keskuses uus ja esialgselt suurem arkaad.

Futuuum VR OÜ keskuste kaks populaarsemat mängu vahemikus 1. aprill 2018 kuni 1. aprill 2019 on Job Simulator ja Arizona Sunshine. Nende mängude kasutajaliidesed ja mängusisesed interaktsioonid on detailselt välja toodud peatükkides 6 ja 7. Kõik mainitud ajavahemikus klientide poolt mängitud mängud on välja toodud diagrammina lisades (I).

²³ <https://www.ultrahaptics.com/news/blog/what-is-haptic-feedback/>

²⁴ <https://futuuum.ee/>

4.3. Futuruum VR OÜ disainisoovitused

Juuni kuus aastal 2018 esinesid Karl Lomp ja Madis Vasser mänguarendus konverentsil *GameDev Days* ettekandega „VR ARCADES WHAT WORKS, WHAT BREAKS“. Selles ettekandes nad rääkisid, missugused interaktsioonid on arkaadise külastajate jaoks arusaadavad ning missugused tekitavad segadust ja jätavad ebameeldiva kogemuse.

Soovitused, mida Karl Lomp ja Madis Vasser ettekandes välja tõid [11]:

- Sujuva liikumise (ingl *smooth locomotion*) asemel tuleks kasutada muud liikumisviisi, näiteks teleporteerumist. Sujuv liikumine võib tekitada mängijale halva enesetunde, mistõttu ta ei soovi mängimist jätkata.
- VR mängude puhul tuleks arvestada ka lühemate inimestega, see tähendab, et mängu võtmeelemente ei tohiks paigutada kõrgele, kuna lühemat kasvu inimesed ei pruugi neid näha.
- Ei tohiks siduda mängu võtmeelemente kontrolleri nupuga, mis võib kergelt kuluda - nt HTC Vive puuteplaat e *trackpad*. (HTC Vive kontrolleri nuppude nimed on välja toodud lisades (II)). See nupp ei ole disainitud vastupidavaks ja võib lühikese aja jooksul muutuda mittefunktsioneerivaks.
- Kui mängija läheneb mänguala piiridele, siis talle kuvatakse need piirid kas võrestikuna või mingil muul kujul, aga tihtipeale mängija ei pane neid tähele. Seetõttu tuleks ka mängu sees näidata mängijale tema mänguala piire, et vältida seadmete lõhkumist.
- Mitme mängija mängud (ingl *multiplayer games*) meeldivad arkaadi külastajatele tavaliselt rohkem, kuid mängijate ühte ruumi lisamine ei tohiks olla keeruline või võtta kaua aega.
- Mängu sisenemine ei tohiks olla keeruline ega võtta palju aega.
- Mängija ei tohiks saada muuta mängu sätteid kogemata. Madis ja Karl toovad näiteks mängu Gorn, kus minnes vastu seinal olevale nupule muutub mängus liikumise viis. See võib mängijat segadusse ajada, kui ta ei vajutanud seda nuppu teadlikult.
- Keeruliste menüüde asemel tuleks kasutada kolmemõõtmelisi esemeid samamoodi nagu mängija on harjunud reaalses maailmas kasutama. Näiteks mängu sisenemine võiks toimuda, kui mängija tõmbab kangi või kasutab ust.

4.4. Google Cardboard

Google Cardboard (vt. joonis 4) on täielik virtuaalreaalsuse platvorm, mis on arendatud Google'i kultuuriinstituudis (ingl *Google Cultural Institute*). Google Cardboard on valmistatud kartongist ja 45-millimeetristest plastikläätsedest, magnetist või mahtuvuslikust kangist ekraani juhtimiseks. Cardboard'i sisse sisestatakse nutitelefon spetsiaalse rakendusega, mis on disainitud Google Cardboard'i jaoks [21].

Joonis 4. Illustratsioon Google Cardboard'ist



4.5. Google Cardboard'i disainisoovitused

Kuna hea kasutajakogemuse disainimine virtuaalreaalsuses väga erinev disainimisest kahemõõtmelises kasutajaliideses, siis Google Cardboard'i tiim tõi välja mõned disainisoovitused [22]:

- Kasutaja pea jälgimine virtuaalreaalsuses on väga oluline, kuna see võimaldab säilitada objekte kindlat positsiooni virtuaalses ruumis, olenemata sellest, kuidas kasutaja oma pead liigutab. Pea jälgimist ei tohiks katkestada isegi väga lühikeseks ajaks, kuna isegi lühike paus võib tekitada küberiiveldust.
- Logode või pealkirjade kuvamiseks, tuleks teha kahemõõtmeline pilt ja paigutada see kolmemõõtmelisse ruumi ning säilitada kasutaja pea jälgimist. Kasutaja pea pööramise jälgimine vähemalt ühe vabadusastmega aitab enamike kasutajate puhul vältida küberiivelduse tekkimist, aga eelistatavam on pea liikumist jälgida kolme vabadusastmega.

- Kui arendatav rakendus tihti lõpetab kasutaja pea jälgimise, näiteks järgmise stseeni laadimise ajal, siis tuleks enne pea jälgimise lõppemist teha ekraan mustaks. Samal ajal tuleks säilitada heli, et kasutaja saaks aru, et rakendus veel töötab.
- Kasutaja peaks kontrollima oma liigutusi rakenduse sees, et saaks ette aimata, mida ta järgmisena näeb.
- Kui kasutaja näeb enda lähedal suurt liikuvat objekti, siis võib kasutaja ekslikult arvata, et liigub hoopis tema, mitte suur objekt. Sellise olukorra vältimiseks tuleks keskkonda lisada rohkem viiteid fikseeritud punktidele.
- Tuleks meeles pidada, et järsk valgusheleduse muutumine võib tekitada kasutajale ebamugavust.

5. Interaktsioonide analüüs Job Simulatori põhjal

5.1. Job Simulator

Joonis 5. Job Simulatori logo



Job Simulator²⁵ on Owlchemy Labs²⁶ poolt arendatud VR mäng, mille sisuks on aasta 2050, kus robotid on asendanud kõik inimeste töökohad. Mängija ülesanne on astuda töö simulaatorisse, et kogeda, mis tunne oli teha tööd. Mängus saab valida nelja simulatsiooni vahel – gurmeekokk, kontoritöötaja, nurgapoe müüja ja automehaanik. Job Simulator avaldati Steamis²⁷ 2016. aasta aprillis ning on mängitav sellistel VR seadmetel nagu HTC Vive, Oculus Rift, Windows Mixed Reality. Futuruum VR OÜ antud andmete põhjal on Job Simulator enim mängitud mäng arkaadis Futuruum.

Joonis 6. Illustratsioon kontoritöötaja kontorist



²⁵ <https://jobsimulatorgame.com/>

²⁶ <https://owlchemylabs.com/>

²⁷ https://store.steampowered.com/app/448280/Job_Simulator/

5.2. Interaktsioonide analüüs

Iga mängu puhul on tähtis anda mängijale tagasisidet tema tegevuste kohta. Hea näide sellest on Job Simulator. Iga tegevuse kohta saab mängija visuaalset tagasisidet.

5.2.1. Simulaatorisse sisenemine

Simulaatorisse sisenemiseks peab mängija valima simulaatori, mis on kujutatud kollaste kassettidena, ning sisestama valitud kasseti ees olevasse masinasse. Masina ekraanil on kiri ja nool, mis vihjavad, kuhu on vaja kassett sisestada. Ekraani all on järgmised kiri ja nool, mis vihjavad mängijale, et mängu alustamiseks ta peab tõmbama masina küljel olevat kangi (vt. joonis 6). Masina vasaku külje peal on üks lisalüliti kirjaga „off“, mis annab kasutajale mõista, et seda lüliti saab sisse lülitada. Selle lüliti abil saab sisse lülitada sellise mängurežiimi, mida saab lõpmatuseni mängida. Sellest annab teada juures olev kiri „*Infinite Overtime*“. Lisaks on mängul ka teisi režiime ja need on mängus kujutatud juppidenä, mida saab ühendada kassettide külge. Nad ei ole mängu kõige olulisem osa, sellepärast nad asuvad sahtlis ja kasutaja jaoks ilusti leitavad, aga ei ole kohe nähtavad. Kui juhtub, et mängija on lühike ja ta ei ulatu kassettideni, siis masinal on uks, mille peal on kiri „*Options*“. Ukse taga on kollane kang, mille üles tõmbamisel muutub keskkond väiksemaks.

Joonis 7. Illustratsioon kasseti sisestamisest



5.2.2. Kontrolleri nupud

Job Simulator kasutab kokku kahte kontrolleri nuppu (vt. joonis 7). Job Simulator on mängitav ainult ühe kontrolleri nupuga, mis teeb mängimise lihtsamaks, kuna meeles peab pidama ainult ühte

nuppu. Lisaks on selles mängus kõik toimingud tehtavad mõlema käega, see tähendab, et mängu on sama lihtne mängida nii parema- kui ka vasakukäelistel.

Joonis 8. Vasakul on kujutatud mängimiseks mõeldud nupp ja paremal simulaatori vahetamise nupp



Teise kontrolleri nupuga saab valitud simulaatorist minna tagasi algusesse, kus saab valida uue simulaatori. Simulaatori sees näeb see välja järgmiselt: hoides all teatud nuppu (vt. joonis 7), tekib mängija ette kohver, mille sees on burrito kirjaga „exit“ (vt. joonis 8). Kui kohver on punane, siis see tähendab, et kohvi jaoks ei ole piisavalt ruumi, ning kui on roheline, siis mängija võib kontrolleri nupu lahti lasta ja kohver jääb tema ette (vt. joonis 9). Simulaatorist väljumiseks peab mängija tooma burrito suu juurde. Burrito või muu söödav asi sobib sellises olukorras hästi, kuna inimese jaoks on loomulik sööki suu juurde tuua.

Joonis 9. Illustratsioon burritost tekstida „exit“



Joonis 10. Illustratsioon kohvri paigutamisest



Üheks miinuseks simulaatori vahetamise juures on see, et Job Simulator viitab ainult mängu esmakordsel käivitamisel, kuidas simulaatorist lahkuda saab. Isegi siis, kui mängija on täitnud kõik simulaatori poolt nõutud ülesanded, ei kuvata mängijale, kuidas ta saab väljuda.

5.2.3. Esemete haaramine

Mängijale tehakse selgeks, milliseid esemeid on võimalik haarata ja milliseid mitte. Job Simulatoris on see lahendatud sedasi, kui mängija paneb käe vastu eset, siis see ese muutub siniseks ja kui mängija on esemest kinni haaranud ehk hoiab kontrolleri nuppu all, siis mängija ei näe seda kätt kuni ta eset käes hoiab (vt. joonis 10).

Joonis 11. Illustratsioon kasseti haaramisest



Kontoritöötaja simulaatoris on nutikalt lahendatud arvutihiire haaramine. Kui mängija haarab arvutihiirest, siis ta ei pea hiire liigutamiseks kontrolleri nuppu all hoidma nagu teiste esemete puhul, vaid piisab ühest nupu vajutamisest. Kuna simulaatoris tuleb kohati arvutihiirega klikkida, siis selline lahendus aitab säilitada seda, et simulaator on mängitav ühe kontrolleri nupuga. Vastasel

juhul oleks tarvis kasutada ühte nuppu eseme hoidmiseks ja teist nuppu klikkimiseks. Selleks, et arvutihiirest lahti lasta, peab mängija viima käe hiirest eemale.

5.2.4. Nutikas ruumilahendus

Job Simulatoris on väga selgelt välja toodud mänguala piirid nii mängu alguses kui ka pärast simulaatori valimist. Mängija ümber on kas piirdeköied või kapid ja lauad. See tähendab, et kõik mänguks vajalikud esemed peavad olema mängija jaoks käeulatuses. Job Simulatoris on see lahendatud nii, et üks kapp võib sisaldada mitut erinevat kappi. Kontoritöötaja simulaatoris ei ole selliseid kappe, vaid kõik vajalikud kapid ja lauad tuuakse mängija ette mängu jooksul.

Gurmeekoka simulaatoris on külmkapp, mida saab muuta tavaliseks kapiks, kui tõmmata alla punane kang. Samuti saab nupu keeramisega muuta kraanikaussi rösteriks, võileivaaluseks, mikrolaineahjuks või blenderiks ning pliit muutub potiks, kui libistada teatud nupp paremale poole. Kui mängija valib ametiks nurgapoe müüja, siis laua all olev külmkapp muutub nupu keeramisega snäkikapiks, joogikapiks või seifiks ning *hot dog* 'i masin muutub nupu keeramisega joogimasinaks, masinaks, mis suurendab asju, või kuvariks. Automehaaniku simulaatoris on olemas riiul, mis vahetab sisu, kui nimekirjas liigutada punast nuppu mingisuguse kirja peale (vt. joonis 11).

Joonis 12. Illustratsioon automehaaniku riiuli sisu muutmise viisist



5.2.5. Esemete paigutamine simulatsiooni poolt nõutud kohale

Mängu jooksul peab tihti võtma kätte mingisuguseid esemeid ja panema neid teatud kohtadesse. Kõiki esemeid, mida saab kätte võtta, saab visata või panna suvalisse kohta, kuid vahepeal mäng nõuab, et mängija paneks konkreetse eseme konkreetsesse kohta. Kui mängija hoiab käes eset ja ta on väga lähedal sellele kohale, kuhu ta peab selle eseme panema, siis see koht muutub kollaseks (vt. joonis 12).

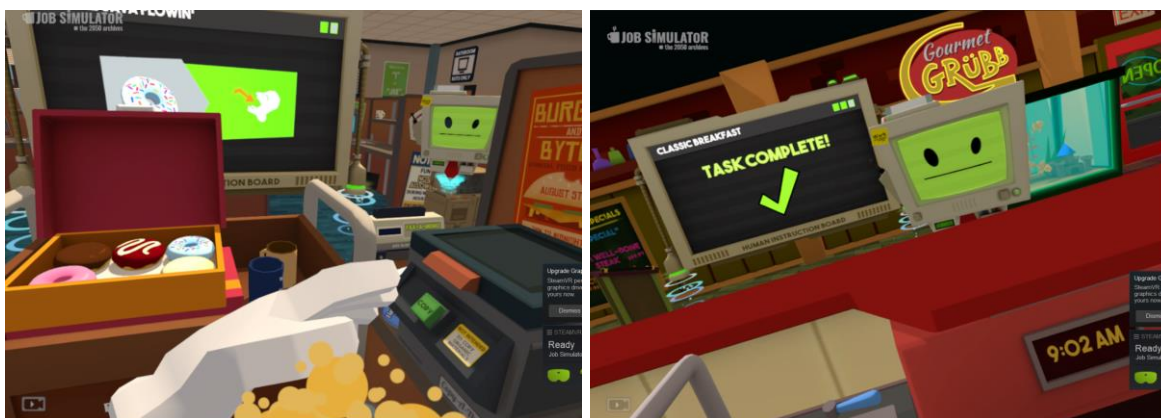
Joonis 13. Illustratsioon eseme paigutamisest õigesse kohta



5.2.6. Tagasiside tehtud ülesandest

Kõiki ülesandeid, mida mängija peab täitma, kuvatakse piltidena mängija ette tahvli peale. Piltide peal on kujutatud üksühele neid esemeid, mida mängija peab kasutama. Kui mängija on täitnud pildil kujutatud ülesande osa, siis pilt muutub roheliseks (vt. joonis 13). Tänu sellele saab mängija aru, et ta võib hakata tegema järgmisel pildil kujutatud ülesande osa. Kui mängija saab lahendatud terve ülesande, siis kuvatakse talle roheline linnuke (vt. joonis 13). Mõne ülesande puhul peab ühte tegevust tegema mitu korda järjest. Selleks, et mängija saaks aru, et sama tegevust peab kordama, siis tahvli peal olev pilt värvitakse osaliselt kollaseks (vt. joonis 14).

Joonis 14. Vasakul on illustratsioon täidetud ülesande osast ja paremal täidetud ülesandest



Joonis 15. Illustratsioon pooleli olevast ülesande osast



5.2.7. Job Simulator interaktsioonide kokkuvõte

Job Simulatori teeb kergesti mängitavaks ühe nupu kasutamine esemetega interakteerumiseks. Selle mängu puhul on hea, et mängija iga tegevuse kohta antakse tagasisidet. Futuclassis tuleks kasutada sarnaseid interaktsioone. Kui mängija puudutab eset, siis ese peaks muuta värvi. Job Simulatori puhul tehakse mängija käsi nähtamatuks, kui mängija hoiab eset käes. See interaktsioon võib tekitada mängijatel küsimuse, miks käsi ära kadus. Futuclassi puhul peaks ese olema käes sarnaselt nagu see on reaalses maailmas.

Job Simulatoris antakse mängijale selgelt teada, millal ta on ülesande täitnud. Futuclassis hakkavad mängijad samuti täitma ülesandeid, mille täitmise puhul peaks andma tagasisidet. Futuclassis peaks sellist tagasisidet andma sarnaselt Job Simulatorile. See tähendab kuvama ülesande pildina tahvlile või ekraanile ja ülesande täitmise korral kuvama kasutajale pildi asemel rohelist linnukese.

Job Simulatoris saab mängija mängimise ajal teha kõiki tegevusi ühe kontrolleri nupuga. See lihtsustab mängimist, kuna mängija ei pea meeles pidama kõiki nuppe. Futuclassi puhul tuleks samuti kasutada mängimiseks ühte kontrolleri nuppu.

Job Simulatori puhul on keeruline simulatsioonist väljumine. Mängija peab vajutama kontrolleri nuppu, mida mängijale ei näidata. Futuclassis tuleks kasutada selle asemel inimeste jaoks

intuitiivsemat lahendust, näiteks kasutada ust tekstiga „*exit*“. Seda on inimesed tavapäraselt harjunud nägema ja kasutama.

6. Interaktsioonide analüüs Arizona Sunshine põhjal

6.1. Arizona Sunshine

Joonis 16. Arizona Sunshine'i logo



Arizona Sunshine²⁸ on Vertigo Games²⁹ poolt arendatud VR mäng. Mängu sisuks on maailm, mida on vallutanud zombid. Mängija eesmärk on jääda ellu, kasutades selleks erinevaid relvi. Arizona Sunshine avaldati Steamis 6. detsembril 2016. aastal ning on mängitav nii üksi kui ka mitmekesi. Seda mängu saab mängida kasutades VR seadmeid nagu HTC Vive, Oculus Rift ja Windows Mixed Reality.

6.2. Interaktsioonide analüüs

6.2.1. Kontrolleri nupud

Joonis 17. Mängus Arizona Sunshine kasutatavad kontrolleri nupud (HTC Vive)



²⁸ https://store.steampowered.com/app/342180/Arizona_Sunshine/

²⁹ <http://vertigo-games.com/company/>

Arizona Sunshine kasutab kokku nelja kontrolleri nuppu (vt. joonis 17). *Shoulder* nupu abil saab mängus teleporteeruda. Kui mängija hoiab seda nuppu all, siis tekib mängija ette maha sinine nooleke (vt. joonis 18), millega mängija saab valida koha, kuhu ta tahab teleporteeruda. Kui mängija laseb nupu lahti, siis mängija teleporditakse soovitud kohta.

Joonis 18. Illustratsioon teleporteerimisest



Kontrolleri nupp *trackpad* on vajalik relva laadimiseks. Kui mängija relval saab salv tühjaks, siis mäng vilgutab *trackpad* nuppu sinise värviga ning kirjutab mängijale, mida ta relva laadimiseks tegema peab (vt. joonis 19). Relva laadimiseks peab mängija hoidma alla nuppu *trackpad* ja tooma käe vöö peale.

Joonis 19. Illustratsioon relva laadimisest



Kontrolleri nupp *trigger* on vajalik tulistamiseks nii menüüs kui ka mängu sees. Nupuga *grip* saab menüüs ja mängus võtta kätte asju. Kui ese on mängija jaoks vajalik, siis mäng märgistab selle

valge ringjoonega (vt. joonis 20). Esemehaaramiseks peab mängija panema käe vastu eset ja vajutama *grip* nuppu. Esemest lahti laskmiseks, peab mängija vajutama sama nuppu.

Joonis 20. Illustratsioon esemest, mida saab haarata



6.2.2. Kõrguse kalibreerimine

Enne menüüsse sisenemist, peab mängija kalibreerima kõrgust. Mängijale kuvatakse ekraanil animatsioon, mis näitab mängijale, missugust liigutust ta tegema peab. Lisaks kuvatakse nii pildina kui ka inglise keelse tekstina, missugust nuppu peab mängija vajutama. Kogu keskkond ekraani ümber on tehtud pimedaks ning valgustatud on ainult ekraan. See aitab hoida mängija tähelepanu ekraanil. Kui mängija on täitnud kõik kuvaril olevad punktid, siis mängija ees hakkab vilkuma roheline linnukesega nupp. Nupu vilkumine tekitab mängijas tahet seda nuppu vajutada. Kui nupp on vajutatud, satub mängija järgmisesse keskkonda.

6.2.3. Nuppude ja mängu õpetus

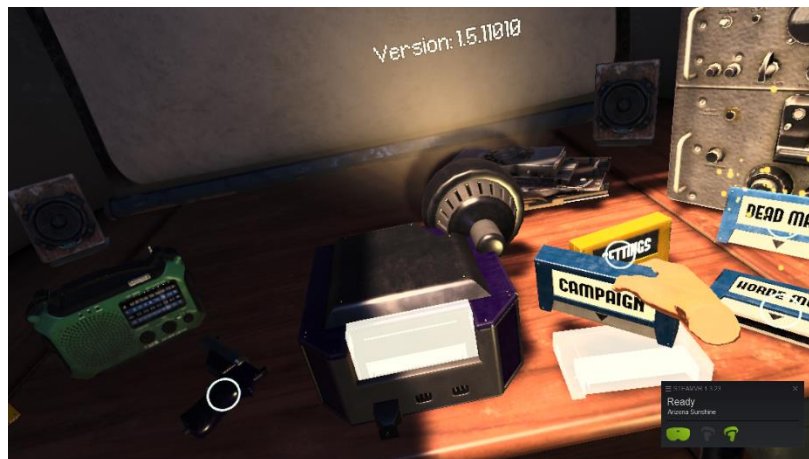
Järgmine keskkond on buss, kus mängijale õpetatakse kontrolleri nuppe, mida mängus kasutatakse. See teeb mängija jaoks mängimise lihtsamaks ja huvitavamaks, kuna ta ei pea läbima eraldi mängu õpetust. Ainuke probleem on selles, et siin ei õpetata mängijale selgeks kõik vajalikud nupud. Relva laadimist õpetatakse kasutajale alles mängu jooksul.

Esimene nupp, mida mängijale siniselt vilgutatakse, on *shoulder*. Lisaks kirjutatakse inglise keeles „*PRESS TO MOVE*“, mis tähendab, et kasutaja peab vajutama seda nuppu, et liikuda. Laua juures, kuhu mängija peab minema, vilgutatakse sinist ringjoont. Mängijad, kes ei valda inglise keelt,

tõenäoliselt ei saa aru, mille jaoks on nimetatud nuppu vaja. Nupu vilgutamine aitab mängijal aru saada, et just seda nuppu on vaja hetkel vajutada. Probleem võib tekkida, kui kasutaja ei vaata kontrollereid. Sellisel juhul ta ei näe nupu vilkumist ja ei saa aru, mida ta tegema peab.

Kui mängija on liikunud laua juurde, siis ta näeb ekraani tekstiga „*Please Insert Cartridge*“, mis tähendab, et mängija peab sisestama kasseti. Laua peal olevate kassettide ja relva peal on valge ringjoon, mis viitavad, et neid asju saab kätte võtta. Kui mängija vaatab käsi, siis ta näeb kontrollereid, kus vilgutatakse siniselt *grip* nuppe. Lisaks kuvatakse mängijale tekst „*PRESS TO PICK UP*“. See tähendab, et mängija peab asja haaramiseks vajutama siniselt vilkuvat nuppu. Siin võib tekkida samasugune probleem, et mängija ei saa inglisekeelsest tekstist aru. Kui mängija on võtnud kätte kasseti, siis need kohad, kuhu mängija saab kasseti panna, tehakse valgeks (vt. joonis 21). See teeb tõenäoliselt mängija jaoks kasseti sisestamise lihtsamaks.

Joonis 21. Illustratsioon võimalikest kasseti paigutamise kohtadest



Mängijale õpetatakse nuppe ka mängu sees. Mängija alustab mängimist koopast, kus ta peab vaatama väljapääsu poole. Sellest peaks mängija aru saama, tänu sinisele ringjoonele väljapääsu ees. Ringjoone kõrval on kiri „*LOOK*“. Kui mängija vaatab seda, hakkab ringjoon muutuma valgeks. Sellega õpetab mäng, et selliste ringjoonte puhul, peab mängija neid vaatama. Järgmisena peab mängija võtma kätte relva. Relva peal on valge ringjoon tekstiga „*PICK UP*“, mis tähendab, et kasutaja peab selle kätte võtma. Mäng vilgutab mängijale veel kord haaramiseks mõeldud nuppe (vt. joonis 22).

Joonis 22. Illustratsioon relva haaramisest mängus



Koopast väljudes satub mängija aiaga ümbritsetud alasse, kus ta näeb lauda. Laual on vöö, mille peal on valge ringjoon tekstiga „*PICK UP*“. Laual olevas kastis on salved, mille peal on samuti valge ringjoon. Selleks ajaks peaks mängijal olema selge, et valge ringjoonega märgistatud esemeid saab kätte võtta. Kui salved on võetud, õpetab mäng relva laadimist, mis on kirjeldatud peatükis 7.2.1. Aiast välja liikudes näeb mängija kastide peal kahte pudelit, mis on märgistatud ühe valge ringjoone ja tekstiga „*SHOOT*“ (vt. joonis 23). Mängus edasi liikumiseks, peab mängija katki tulistama vähemalt ühe pudeli. Siin võivad hätta jääda mängijad, kes ei valda inglise keelt.

Joonis 23. Illustratsioon pudelitest, mida mängija peab katki tulistama



6.2.4. Menüü

Kokku on laua peal kuus kassetti – *CREDITS*, *CALIBRATION*, *SETTINGS*, *CAMPAIGN*, *HORDE MODE*, *DEAD MAN*. Kassetid, mis on seotud sätetega (*CREDITS*, *CALIBRATION*, *SETTINGS*), on kollast värvi, ning kassetid, mille sisestamisel pääseb mängu (*CAMPAIGN*, *HORDE MODE*, *DEAD*

MAN), on sinist värvi. Olukorra võib keeruliseks teha see, et sätete kassetid ja mängude kassetid paiknevad üksteisele üsna lähedal. Mängijad, kes inglise keelt ei valda, võivad ekslikult valida sätete kasseti ja mängu sätteid kogemata ära muuta. See omakorda võib neid segadusse ajada, kuna mäng ei käitu nii nagu nad on harjunud. Kui mängija sisestab suvalise kasseti, siis tekib mängija ette ekraani peale kahemõõtmeline menüü.

Menüüs saab mängija nuppude peale vajutada ainult juhul, kui ta on võtnud kätte laua peal oleva relva, sihib sellega menüüs nupu peale ning vajutab kontrolleri nuppu *trigger*. Mäng ei vihja selle, et nuppude vajutamiseks on vaja kätte võtta relv. See teeb tõenäoliselt mängija jaoks mängu sisenemise keeruliseks, kuna mängija tüüpiliselt ei ole harjunud tegema selliseid liigutusi reaalses maailmas. Kui laseriga sihtida nuppu, siis ta muudab kas suurust, värvi või mõlemat korraga ning vajutamisel kostub heli. Selline tagasiside õpetab mängijale, et selliseid nuppe saab vajutada.

6.2.5. Sätete kassetid

Kui mängija valib kasseti *CREDITS*, siis ta ees hakkavad jooksma tiitrid mänguarendajate nimedega. See kasset asub mängija kõrval oleval laual ning jääb mängija jaoks üsna nähtamatuks. Seda kassetti ei lähe mängimiseks vaja, mistõttu on hea, kui kassett on tõstetud eemale ja ei tõmba tähelepanu.

Kui mängija valib kasseti *CALIBRATION*, siis tema ette ekraani peale tekib nupp tekstiga „Start“, mille peale vajutades satub mängija uuesti kohta, kus ta saab kõrgust kalibreerida. Selline funktsionaalsus on kasulik, sest juhul, kui mängija vahetub ja on eelmisest lühem, siis ta ei pea kõrguse kalibreerimiseks mängu taaskäivitama. Kasulik on ka see, et kõrguse kalibreerimise sättest on tehtud eraldi kassett. See väldib seda, et mängija peab seda sätet otsima teiste sätete hulgast.

Kui mängija sisestab kassetilugejasse kasseti *SETTINGS*, tekivad tema ette ekraanile sätteid, kus ta saab muuta graafika sätteid, video sätteid, helisätteid, liikumissätteid jms. Sätete muutmiseks peab mängija valdama inglise keelt, vastasel juhul ta tõenäoliselt ei tea, mida ta muudab.

6.2.6. Mängu sisenemine ja väljumine

Kasseti *CAMPAIGN* sisestamisel kassetilugejasse tekib mängijal valik, kas mängida üksi või mitmekesi. Kui mängija tahab mängida üksi, siis tal on võimalik valida, mis raskusastmel ta tahab

mängida. Seejärel saab mängija valida, kas ta tahab jätkata pooleli olevat mängu või alustada uue mänguga. Kui mängija valib mitme mängija mängu, siis ta saab valida suvalise ruumi, juhul kui ruum pole privaatne. Privaatsesse ruumi saab liituda ainult teades parooli, mida teab ainult ruumi looja.

Mängija saab ka ise ruumi teha, kui ta vajutab nupule *create*. Temaga samasse ruumi saab liituda kuni neli mängijat. Kui ruumi loojaga liitub üks mängija, siis nende mänguala mängu sees ei ole piiratud. See tähendab, et mängu sees peavad liikuma kogu aeg edasi erinevatesse kohtadesse. Kolme kuni nelja mängija puhul käivitatakse mäng režiimis *horde mode*, kus mänguala on piiratud. Kui ruumi looja ei tee ruumi privaatseks, siis saavad liituda suvalised inimesed. Privaatse ruumi puhul, peavad ruumiga liitujad sisestama kuuekohalise numbrilise parooli, mida ruumi looja näeb ekraani ülemises paremas nurgas. Probleem tekib siis, kui ruumi looja ei saa mingit moodi öelda oma sõpradele seda parooli, kuna mängijad hakkavad teinetest läbi mängu kuulma alles siis, kui nad juba on koos ühe ruumiga liitunud. Kasset *HORDE MODE* ja *DEAD MAN* on mängu erinevad režiimid ning nende menüüd ja mäng interaktsioonide poolest ei erine eespool kirjeldatud interaktsioonidest.

Mängu sees on mängijal käekell, mida vaadates, tekib käekella kohale menüü. Menüüst saab minna tagasi põhimenüüsse, kui vajutada bussi pildiga nuppu. Kui vajutada selle kõrval olevat nuppu, siis mäng sulgub. Osade mängijate jaoks, kes ei ole harjunud käekella kandma ja seda vaatama, võib olla sellise menüü leidmine keeruline.

6.2.7. Arizona Sunshine interaktsioonide kokkuvõte

Arizona Sunshine kasutab väga palju inglise keelt, mis teeb mängijatel, kes ei valda inglise keelt, mängu sisenemine ja mängimise keeruliseks. Futuclass ei tohiks olla keelespetsiifiline, vaid peaks kasutama universaalselt arusaadavaid sümboleid.

Keeruliseks teevad mängu ka kontrollrite nupud. Nende meelde jätmine ja nendega harjumine võtab aega. Nelja kontrolleri nupu kasutamine Futuclassis teeks mängimise laste jaoks keeruliseks. Nuppude õpetamine enne mängu sisenemist on Arizona Sunshine puhul hea idee. Futuclassis tuleks samuti mängu alguses õpetada mängijale nuppe, aga erinevalt Arizona Sunshine'ist peaks Futuclassis suunama mängija tähelepanu kontrollritele. Vastasel juhul võib juhtuda, et mängija ei vaata kontrollereid ja ei näe, et seal vilgutatakse nuppu, mida ta vajutama peab.

Arizona Sunshine'is on esemete märgistamine hea idee. Tänu sellele saab mängija aru, et märgistatud esemed on olulised ja neid saab kätte võtta. Sellist disainilahendust tuleks rakendada ka Futuclassis.

Mängust väljumine on ka Arizona Sunshine'i puhul keeruline vähemalt osade mängijate jaoks. Inimesed, kes ei kanna käekella, ei tule selle peale, et käekella vaatamise liigutusega võiks avaneda menüü. Sellist mängust väljumise viisi ei ole samuti mõistlik Futuclassis kasutada, kuna on osade mängijate jaoks harjumatu.

7. Prototüüp

7.1. Kirjeldus

Prototüüp on tehtud mängumootori Unreal Engine 4³⁰ abil. Prototüüp sisaldab kolme erinevat tüüpi menüüd, mis populaarsemates VR mängudes tihti kasutatakse – kahemõõtmeline menüü, kolmemõõtmeline menüü ja menüü, mis tekib siis, kui mängija teeb käekella vaatamise liigutust (edaspidi käekella menüü).

Kahemõõtmelises menüüs ja käekella menüüs näeb mängija HTC Vive kontrolleri ja laserit selle küljes. Suunates laser suvalise nupu peale, vahetab nupp värvi nii kauaks kuni mängija laseriga nuppu puudutab. Valitud nupu aktiveerimiseks peab mängija vajutama kontrolleri nuppu *trigger*. Kolmemõõtmelises menüüs näeb mängija enda ees suurt lauda, mille peal on kolm tavalist nuppu, liugnupp ja erinevad kangid. Nuppe saab alla vajutada, kui puudutada kontrolleri nuppu, ja kangidest saab kinni haarata, kui puudutada kontrolleri kangi ja hoida all kontrolleri nuppu *trigger*.

Prototüübis on lisaks menüüdele ka kolm mängutaset samasuguse ülesandega – tõsta kolm kuubikut laua teisele poole ja väljuda mängust tagasi menüüsse. Mängutasemetes ei näe mängija enam HTC Vive kontrollereid, vaid näeb neid kontrollereid kätena. Mängutasemed erinevad selle poolest, et esemete haaramine, nendest lahtilaskmine ja mängust väljumine on igal mängutasemel erinevalt disainitud. Mängutasemete nupuskeemid on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Mängutasemete nupuskeemid

Tegevus	Mängutase 1	Mängutase 2	Mängutase 3
Kuubikute haaramine	<i>Trigger</i> nupu all hoidmine	<i>Trigger</i> nupu vajutamine	<i>Grip</i>
Kuubikutest lahti laskmine	<i>Trigger</i> nupu vabastamine	<i>Shoulder</i> nupu vajutamine	<i>Grip</i>
Mängust väljumine	Uks tekstiga „ <i>exit</i> “	Kontrolleri keeramisel tekib nupp tekstiga „ <i>exit</i> “	<i>Shoulder</i> nupu vajutamisel tekib nupp tekstiga „ <i>exit</i> “

³⁰ <https://www.unrealengine.com/en-US/>

7.1.1. Menüüde disain

Prototüüpi valiti sellise disainiga menüüd, mida kõige rohkem VR mängudes kasutatakse.

Kahemõõtmeline ja käekella menüü on disainitud keelespetsiifiliseks, segadust tekitavaks menüüks.

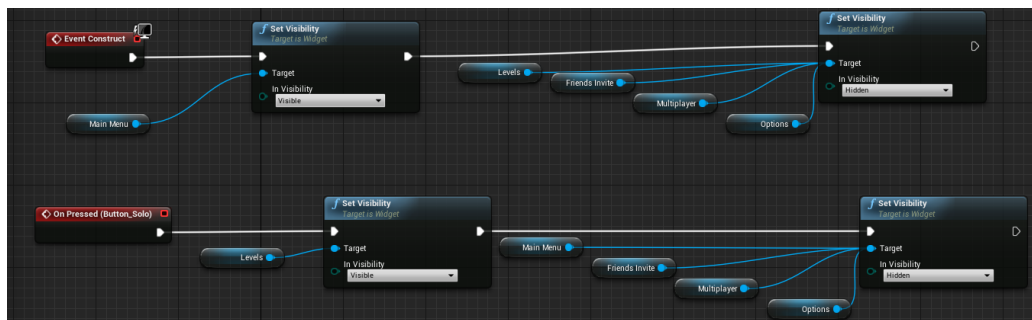
Kolmemõõtmeline menüü on disainitud lihtsaks, mitte keelespetsiifiliseks. Siin kasutatakse sümboleid ning kõik vajalikud nupud on mängijale nähtavad. Sellega üritatakse vältida keerulistes menüüdes ekslemist.

7.2. Töö käik

7.2.1. Mängumootori Unreal Engine *blueprint*

Unreal Engine on mängumootor, mis sisaldab palju erinevaid tööriistasid arvutimängude disainimiseks. Mängumootoris kasutatakse mängu käitumise, interaktsioonide ja teiste elementide defineerimiseks ja kirjeldamiseks äärmiselt paindlikku visuaalset skriptimise süsteemi *blueprint*³¹ (vt. joonis 24). Iga *blueprint* töötab, kasutades tema jaoks spetsiifilisi eriotstarbelisi graafe, näiteks objektide konstrueerimist, individuaalseid funktsioone ja üldisi mängu interaktsioone kirjeldavaid sündmusi.

Joonis 24. Illustratsioon *blueprint*'ist



7.2.2. Mängumootoris Unreal Engine olemasolevad *blueprint*'id

Mängumootoris projekti loomisel valiti virtuaalreaalsuse mall, mis sisaldab virtuaalreaalsuse jaoks vajalikke varasid. Vajalike varade hulgast kasutati prototüübi loomisel käsi, mida mängija virtuaalreaalsus näeb, nende animatsioone, materjali ja tekstuuri. Käte liikumist ja animatsioone kirjeldavad *blueprint*'id ning kuubikute haaramist kirjeldavad *blueprint*'id olid samuti projekti

³¹ <https://docs.unrealengine.com/en-us/Engine/Blueprints/GettingStarted>

loomisel juba olemas. Lisaks kasutati töös mängija objekti, mille *blueprint* kirjeldab kontrolleri nuppude vajutamisel. Seda *blueprint*'i muudeti töö käigus.

7.2.3. Kahemõõtmeline menüü

Kahemõõtmelise menüü disainimiseks kasutati tööriista nimega *widget blueprint*. Disaineri vaates saab menüüle lisada erinevaid nuppe ja tekste ning muuta nende värve ja suurusi.

Widget blueprint'i teine vaade on graafi vaade. Selles vaates saab luua graafe, mis defineerivad erinevaid sündmusi, näiteks mis peaks juhtuma, kui mängija vajutab menüüs nupu peale. Selleks, et menüüs poleks kõik nupud korraga nähtavad, tuli nähtavaks jätta ainult põhimenüü ning ülejäänud menüüd tegema nähtamatuks. Teiste menüüvaadete puhul tehti menüüvaase nähtavaks vaid kindla menüünupu vajutuse tagajärjel. Kõik menüü vaated on välja toodud lisades (III)

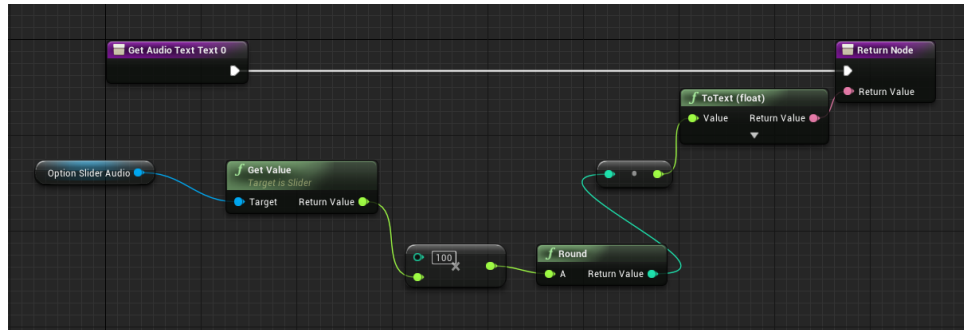
Menüü vaade, kus mängija saab näiliselt kutsuda sõpru mängu, peab mängija märkima, kelle ta tahab mängu kutsuda. Kui mängija märgib soovitud sõbra ja vajutab nupule tekstiga „*Invite*“, siis kuvatakse mängijale kiri, et sõber on kutsutud mängu. Selle jaoks tehti menüü *blueprint*'is tekstobjektist muutuja, mille teksti muudetakse vastavalt sellele, missugused sõbrad märgiti.

Menüü mitme mängija vaates saab mängija näiliselt valida ühe ruumi ja liituda sellega vajutades nuppu tekstiga „*Join*“. Kui mängija vajutab seda nuppu, siis muutub selle nupu värv. Ruumi valimisel märgitakse see ruum, mida mängija just valis. Teistelt ruumidelt võetakse märke ära, isegi siis, kui mängija oli eelnevalt ruumi märkinud. Tänu sellele, saab kasutaja korraga valida ainult ühe ruumi.

Menüü mängutasemete vaates saab mängija valida mängutaseme. Kui mängija vajutab nupule tekstiga „1“, „2“ või „3“, siis kuvatakse talle vastavalt kas esimene, teine või kolmas mängutase. Menüü *blueprint*'is kirjeldati, missuguse nupu vajutuse tagajärjel, missugune mängutase avatakse.

Menüü seadete vaates saab mängija näiliselt muuta heli tugevust. Kui mängija liigutab liugnuppu, siis muutub helitugevus täisarvuna vahemikus 0 kuni 100. Selleks korrigeeritakse liugnupu väärtust matemaatika tehetegega, et mängijale kuvatav helitugevuse vahemik oleks õige. Lõpuks tehakse saadud väärtus tekstiks (vt. joonis 25).

Joonis 25. Helitugevuse kuvamine täisarvuna

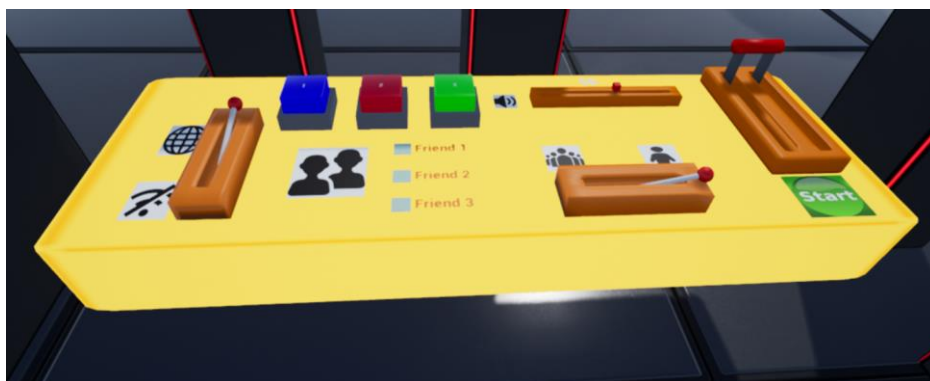


Selleks, et mängija näeks menüüs lasereid ja saaks nendega menüü nuppudele vajutada, lisati mängija objekti klassis kontrolleritele interaktsiooni komponendid. Liugnupu *Blueprint*'is loodi graaf, mis simuleerib arvutihiire vasaku klahvi vajutust kontrolleri nupu *trigger* vajutamisel.

7.2.4. Kolmemõõtmeline menüü

Kolmemõõtmelise menüü (vt. joonis 26) tegemist alustati 3D modelleerimise tarkvaraga Blender. Mainitud tarkvara abil tehti valmis kaks erinevat kangi ja ühe liugnupu. Blender võimaldas kangi ja liugnupu puhul salvestada mudelite kaks erinevat olekut ühte muutujasse. See tähendab, kui muutuja väärtus on 0 ja 1 vahel, siis kang või liugnupp on vastavalt algoleku ja lõppoleku vahepealses olekus. Ühe kangi puhul oli seda keeruline modelleerimise tarkvaras teostada, kuna kangi olek ei muutunud lineaarselt. Seejärel eksporditi 3D modelid FBX (ingl *filmbox*) failina.

Joonis 26. Kolmemõõtmeline menüü



Kolmemõõtmelise menüü tegemist jätkati mängumootoris Unreal Engine 3D mudelite importimisega. Kui vajalikud modelid olid imporditud, lisati kangile kokkupõrke kasti (ingl *box collision*), mis on vajalik selleks, et tuvastada, kas mingi objekt põrkab kokku kangiga. Lisati ka

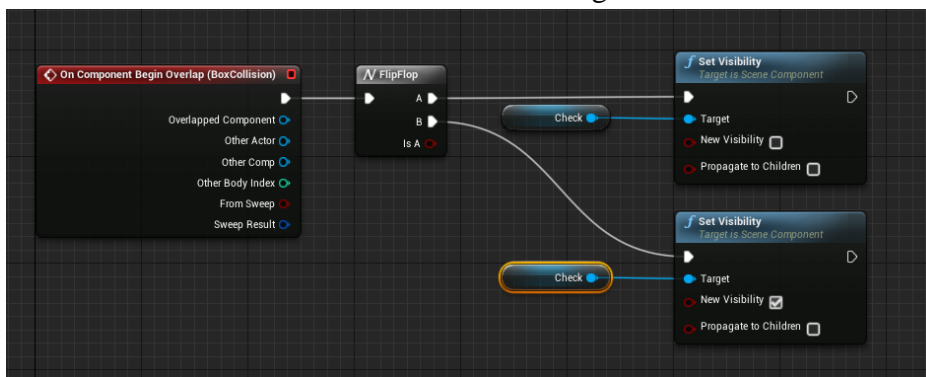
stseeni komponent, mis aitab defineerida asukoha, millest kang enam edasi liikuda ei saa. Kangi *blueprint*'is korrigeeritakse kangi väärtust matemaatika tehetege, et väärtus oleks nulli ja ühe vahel. See on vajalik kangi liigutamisel algoleku ja lõpp-oleku vahel.

Kangi *Blueprint*'is kontrollitakse, kas kangiga põrkab kokku mängija kontrolleri ja kas mängija vajutab sama käe kontrolleri alla nuppu *trigger*. Kirjeldatud tingimuse täitmisel, liigutatakse kangi vastavalt sellele, kuidas mängija kontrolleri liigutab. Kokkupuute lõppedes liigutatakse kang sõltuvalt sellest, kas kang on lähemal alguspunktile või lõpp-punktile, vastavalt kas algolekusse või lõpp-olekusse. Samasuguse *blueprint*'iga on defineeritud liugnupp helitugevuse muutmine. Ainuke erinevus on selles, et liugnupule on lisatud tekst, mis nupu liigutamisel kuvab helitugevust vahemikus üks kuni sada. Seejärel Mängija objekti *blueprint*, kus defineeriti, missuguse kontrolleri nupuga saab kangide ja nuppudega interakteeruda.

Ümara otsaga kangi puhul sai osaliselt kasutada eespool kirjeldatud kangi *blueprint*'te. Sellele kangile lisati noole komponent (ingl *arrow component*), mis kirjeldab kangi suunda. See komponent on vajalik kangi pööramiseks. Kangi *blueprint*'is pannakse kang pöörlema õiges suunas ja õiges vahemikus, rakendades matemaatilisi tehteid ja mängumootori funktsioone. Selle kangi *blueprint*'is samuti kontrollitakse, kas kangiga põrkab kokku mängija kontrolleri ja kas mängija vajutab sama käe kontrolleri alla nuppu *trigger*.

Järgmisena tehti märkeruudu *blueprint* (vt. joonis 27). Märkeruudu sisu seatakse nähtavaks, kui mängija kontrolleri seda puudutab, ning sisu seatakse nähtamatuks, kui mängija seda taaskord puudutab.

Joonis 27. Märkeruudu graaf



Nupu mudel tehti valmis mängumootori Unreal Engine *blueprint*'is ning lisati nupule nagu kangilegi kokkupõrke kasti. Nupu objektile lisati kaks muutujat – tekst ja värv selleks, et neid oleks kergem muuta. Nupu *blueprint*'is kasutades matemaatilisi tehteid ja mängumootori funktsioone muudetakse nupu värv ja asukoht, kui mängija puudutab kontrolleri nupu mudelit. Sellega saab mängija aru, et nupp on vajutatud.

Kolmemõõtmelise menüü *blueprint*'i muudeti sellega, et defineeriti mängutasemetesse sisenemine. *Blueprint*'is kontrollitakse, kas mängija vajutab kolmemõõtmelises menüüs alla korraga rohkem kui üks nupp. Kui jah, siis alla vajutatuks jääb ainult viimasena vajutatud nupp. See on vajalik, kuna korraga saab valida ainult ühte mängutaset.

7.2.5. Käekella menüü

Käekella menüü on sisuliselt samasugune nagu kahemõõtmeline menüü. Erinevus on selles, et see ei paikne mängija ees, vaid mängija vasaku kontrolleri küljes. Selleks, et mängija näeks laserit kontrolleri küljes ja saaks selle abil menüü nuppudele vajutada, muudeti kontrolleri objekti, kasutades matemaatilisi tehteid ja mängumootori funktsioone. Käekella menüü *blueprint*'is defineeritakse, missuguse nupuga saab mängija menüüga interakteeruda.

7.2.6. Mängutasemed

Kuubikute *blueprint*'is lisaks haaramisele defineeriti ka värvi muutmine, kui mängija kuubikut puudutab. Iga taseme mängija objekti *blueprint*'is defineeriti, missuguste kontrolleri nuppudega saab mängija kuubikutest kinni haarata ja nendest lahti lasta. Lisaks defineeritakse iga mängutaseme *blueprint*'is, mismoodi toimub mängutasemest väljumine. Esimesele mängutasemele lisati ukse mudel ning ukse lingile lisati kokkupõrke kast, mille puudutamisel viiakse mängija edasi järgmisesse menüüse.

8. Katse analüüs

8.1. Kirjeldus

Katset korraldati, kasutades tehtud prototüüpi, et testida arkaadi külastajate peal, kui palju aega neil kulub antud ülesande täitmiseks. Katet viidi läbi seadmel HTC Vive. Katses osales 15 erinevas vanuses ja erineva virtuaalreaalsuse kogemusega inimest. Kõigile osalejatele, olenemata sellest, kas neil on virtuaalreaalsuse kogemus või mitte, seletati üldiselt, milliseid nuppe VR mängudes tüüpiliselt kasutatakse ja mille jaoks.

Ülesanded olid järgmised:

- Kahemõõtmelises menüüs:
 - Muuta helitugevust.
 - Teha privaatne mänguruum, kutsuda kaks sõpra mängu ja alustada mängutaset numbriga 2.
- Mängutasemes 2:
 - Paigutada kuubikud teisele poole lauda ja väljuda mängutasemest.
- Kolmemõõtmelises menüüs:
 - Muuta helitugevust.
 - Teha privaatne mänguruum, kutsuda kaks sõpra mängu ja alustada mängutaset numbriga 3.
- Mängutasemes 3:
 - Paigutada kuubikud teisele poole lauda ja väljuda mängutasemest.
- Käekella menüüs:
 - Liituda ruumiga number 1 ja alustada mängutaset numbriga 1.
- Mängutasemes 1:
 - Paigutada kuubikud teisele poole lauda ja väljuda mängutasemest.

8.2. Meetod

Katse käigus mõõdeti, kui palju inimestel ülesande täitmiseks aega kulub. Aeg läks käima siis, kui inimesele oli öeldud tema ülesanne ja ülesande täitmise alustamine lubatud. Aeg pandi kinni nii pea, kui mängija oli ülesande täitmise lõpetanud.

Inimestele katse käigus ei öeldud, missuguseid tegevusi nad peavad ülesande täitmiseks tegema. Mõnel juhul inimesi abistati. Inimestele, kes inglise keelt ei vullanud, tõlgiti menüü nuppude nimed eesti keelde. Inimesed, kes ei saanud aru, et nad võivad ennast keerata ja vaadata selja taha, öeldi, et neid on selline võimalus olemas.

Kui inimesel oli ülesande täitmiseks kulunud üle kahe minuti, öeldi inimesele tema järgmine ülesanne. Tulemuseks pandi kirja, et inimene ei saanud ülesandega hakkama.

8.3. Tulemuste analüüs

Katsetulemuste diagrammid on välja toodud lisades (IV). Kahemõõtmelises menüüd helitugevuse muutmise võttis inimestel keskmiselt 26,4 sekundit ja kolmemõõtmelises menüüd 9,9 sekundit. Privaatse mänguruumi loomise aeg kahemõõtmelises menüüs oli keskmiselt 51,4 sekundid ja kolmemõõtmelises menüüs 49,9 sekundit. Käekella menüüs navigeerimiseks kulus inimestel keskmiselt 44,7 sekundit. Esimesel mängutasemel kulutasid inimesed keskmiselt 29,1 sekundit, teisel mängutasemel 40,5 sekundit ja kolmandal mängutasemel 52,7 sekundit.

Kui võrrelda katsetulemusi vanusekategoriate kaupa, siis inimesed vanuses 17-23 said keskmiselt kõikide ülesannete täitmisega kiiremini hakkama. Inimesed vanuses 17-23 kulutasid kahemõõtmelises menüüs helitugevuse muutmise peale keskmiselt 11,1 sekundit, aga inimesed vanuses 7-13 kulutasid 41,6 sekundit. Kahemõõtmelises menüüs privaatse mängu loomiseks kulutasid inimesed vanuses 17-23 keskmiselt 21,1 sekundit, aga inimesed vanuses 7-13 kulutasid 93,8 sekundit. Kolmemõõtmelises menüüs kulus inimestel vanuses 17-23 keskmiselt 6,6 sekundit ja inimestel vanuses 7-13 keskmiselt 12,8 sekundit. Inimesed vanuses 17-23 said kolmemõõtmelises menüüs privaatse mängu loomisega hakkama keskmiselt 37,3 sekundiga, aga inimesed vanuses 7-13 keskmiselt 60,9 sekundiga. Käekella menüüs kulus inimestel vanuses 17-23 keskmiselt 22,7 sekundit, aga inimestel vanuses 7-13 keskmiselt 64,0 sekundit. Esimesel mängutasemel kulus inimestel vanuses 17-23 keskmiselt 21,3 sekundit, teisel mängutasemel kulus 37,9 sekundit ja kolmandal mängutasemel 26,6 sekundit. Inimestel vanuses 7-13 kulus esimese mängutaseme läbimiseks 35,9 sekundit, teise mängutaseme läbimiseks 44,3 sekundit ja kolmanda mängutaseme läbimiseks keskmiselt 89,2 sekundit.

Analüüsides keskmist ülesande täitmiseks kulunud aega üle kõikide tulemuste, selgus, et helitugevuse muutmine kolmemõõtmelises menüüs oli ligi 2,6 korda kiirem kui kahemõõtmelises menüüs. Privaatse mänguruumi loomiseks ja mängu alustamiseks kulus kolmemõõtmelises menüüs ainult 1,5 sekundit vähem aega, kui kahemõõtmelises menüüs. Kolmemõõtmelise menüü puhul jäid inimesed hätta peamiselt sümbolitest arusaamisega. Kui kasutada selgemaid sümboleid, siis tõenäoliselt oleks tulemus parem. Teine asi, mis võttis aega kolmemõõtmelise menüü puhul, oli see, et inimesed, peamiselt vanuses 17-23, ei saanud aru, et kangidest saab haarata. Selle parandamiseks tuleks muuta kangide värvi, kui inimene neid puudutab. Sellega saab inimesele õpetada, missugustest esemetest saab haarata ja missugustest mitte.

Inimesed vanuses 7-13 jäid hätta kahemõõtmelises menüüs. Privaatse ruumi loomiseks kulus neil 1,5 korda rohkem aega kahemõõtmelises menüüs kui kolmemõõtmelises. Inimesed vanuses 17-23 said paremini hakkama kahemõõtmelises menüüs. Privaatse ruumi loomiseks kulus neil ligi 1,8 korda vähem aega kahemõõtmelises menüüs kui kolmemõõtmelises. Selle põhjuseks võib olla see, et nad valdavad paremini inglise keelt võrreldes inimestega vanuses 7-13. Inimestel vanuses 7-13 kulus käekella menüüs 2,8 korda rohkem aega võrreldes inimestega vanuses 17-23.

Esimesel mängutasemel, kulus inimestel keskmiselt 29,1 sekundit, teise mängutasemel 40,5 sekundit ja kolmandal mängutasemel 52,7 sekundit. See tähendab, et inimestel kulus kuubikute haaramiseks kõige vähem aega, kui nad kasutasid kontrolleri nuppu *trigger*. Mängust väljumiseks kulus samuti kõige vähem aega, kui neil oli olemas uks, mille kaudu väljuda. Ukse puhul tekkis probleem, et inimesed ei vaadanud enda selja taha, mistõttu nad ei näinud seda ust. Mängust väljumine oleks sel juhul tõenäoliselt kiirem, kui tõsta uks inimese kõrvale, et uks oleks inimese jaoks nähtav. Kõige halvemad tulemused olid kolmandal mängutasemel. Sellel tasemel on kuubikutest haaramine ja lahti laskmine kontrolleri nupuga *grip* ning väljumise nupp tuleb nähtavale nupuga *shoulder*. Inimestel kulus palju aega haaramiseks mõeldud nuppude leidmiseks. Nad vajutasid kõiki kontrolleri nuppe järjest, mistõttu tekkis ette ka väljumise nupp. Mõned inimesed väljusid mängust tahtmatult, kuna nad ei saanud aru, mis kontrolleri nupuga väljumise nupp kinni läheb. Segadust tekitas ka teine mängutase. Inimestel kulus palju aega, et leida kontrolleri nupp, millega kuubikutest lahti lasta. Sellel tasemel otsisid inimesed pikalt mängust väljumise nuppu ja nad ei tulnud selle peale, et nupp muutub nähtavaks, kui teha käekella vaatamise liigutust.

9. Kokkuvõte

Antud Bakalaureuse töö käigus otsiti parimaid disainilahendusi haridusliku sisuga VR rakendusele Futuclass. Eesmärgiks oli leida inimeste jaoks selged ja arusaadavad interaktsioonid, mida saaks rakendada Futucassis, ning vältida keerulisi ja keelespetsiifilisi menüüsid.

Eesmärgi saavutamiseks analüüsiti Futuruum VR OÜ poolt antud statistika põhjal kahe populaarsema mängu interaktsioone. Töö käigus valmis ka prototüüp, mis sisaldab kolme erinevat tüüpi menüüd ja kolme mängutaset samasuguse ülesandega, kuid erinevate kontrolleri nuppudega. Prototüübi abil testiti, millised prototüübis esinevad interaktsioonid võtavad inimestel ülesande täitmiseks vähem aega.

Katsetulemuste analüüsi käigus selgus, et inimestel võtab keskmiselt rohkem aega kahemõõtmeline, menüü. Keskmiselt töötasid paremini kolmemõõtmelise menüü interaktsioonid. Mängutasemete puhul tuli selgelt välja, et inimestel kulub vähem aega kuubikute haaramiseks, kui kasutada kontrolleri nuppu *trigger*. Mängust väljumiseks kulus samuti vähem aega, kui selleks oli uks, mida inimene sai kasutada. Mängutasemete interaktsioonid, mis nõudsid liigseid nupuvajutusi, olid inimeste jaoks keerulised.

Futuclassi jaoks parimad disainilahendused on sarnaselt Job Simulatoris esinenud lahendustele tagasiside andmine iga mängija tegevuse kohta, tagasiside ülesande täitmise kohta ja maksimaalselt kahe kontrolleri nupu kasutamine, kus põhinupuks on kontrolleri nupp *trigger*. Sarnane disainilahendus nagu mängus Arizona Sunshine, kus märgistati esemeid, mida mängija saab haarata, ning nuppude õpetamine enne mängu algust on Futuclassi jaoks samuti üks parimatest disainilahendustest. Katsetulemuste põhjal jõuti järeldusele, et Futuclassi jaoks on parem kasutada kolmemõõtmeliste mudelitega menüüd, kus mängija peab kasutama samasuguseid liigutusi, mida ta on harjunud tavapäraselt tegema. Lisaks tuleks Futuclassi interaktsioonide loomisel järgida erinevate valdkonna liidrite disainisoovitusi, mis on väljatoodud neljandas peatükis.

10. Tänuõnad

Selles peatükis soovin pühendada tänuõnad Ats Kurvetile, kes abistas mind prototüübi tegemisel ja tutvustas mängumootori Unreal Engine tööriistasid ning selgitas nende tööpõhimõtteid.

Soovin tänada ka oma lõputöö juhendajat Madis Vasserit, kes abistas mind terve töö vältel, andes soovitusi nii teoreetilise osa kirjutamise juures kui ka prototüübi loomisel.

Viimaks soovin tänada Futuruum VR OÜ-d, kes jagas statistikat mängitud mängude kohta ning lubas kasutada katse läbiviimiseks oma virtuaalreaalsuse seadmeid.

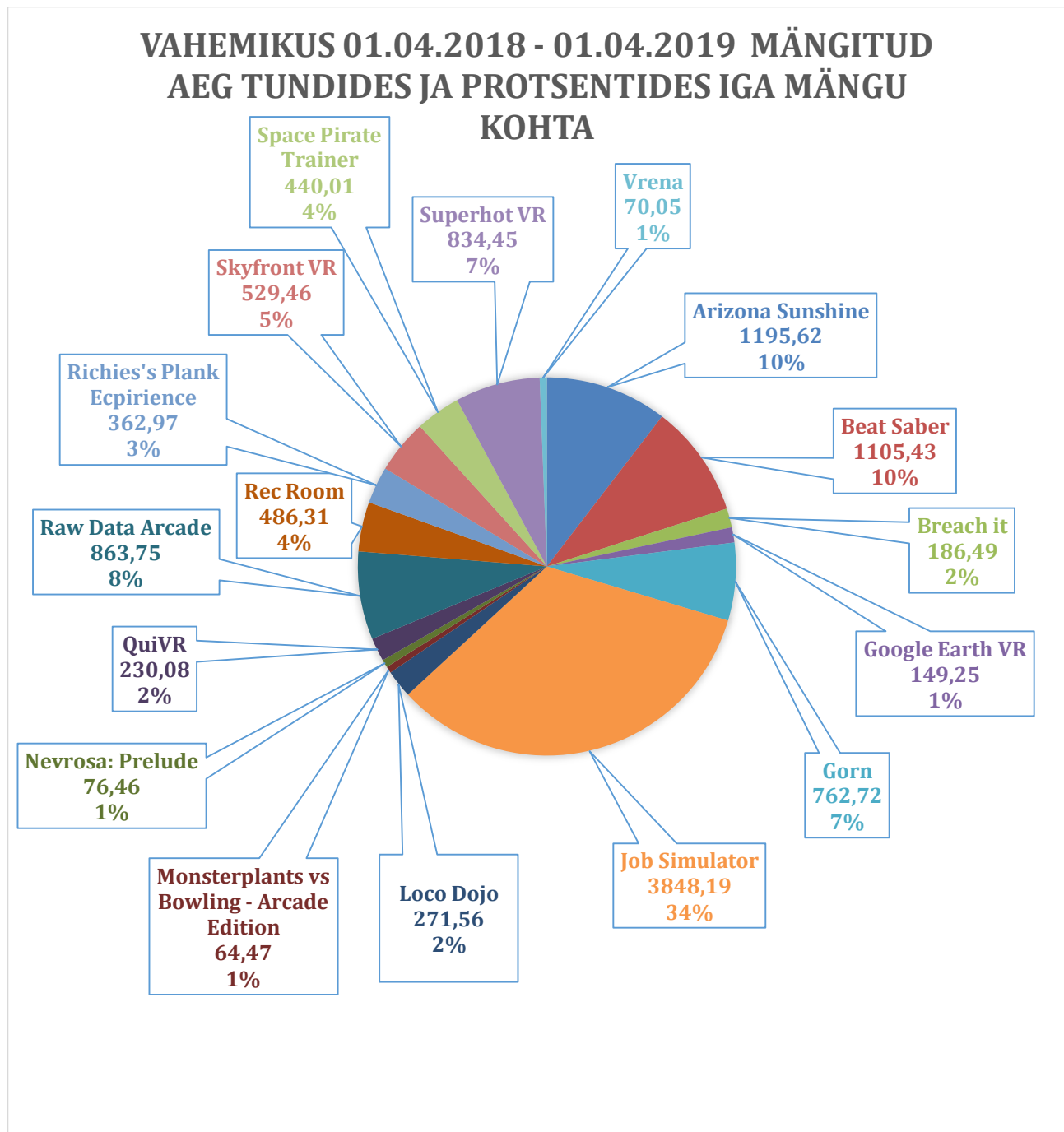
11. Viidatud kirjandus

- [1] What is Virtual Reality. 2017. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html> (26.02.2019)
- [2] Virtual Reality (VR). 2019. <https://www.techopedia.com/definition/4784/virtual-reality-vr> (07.03.2019)
- [3] Virtual Reality (VR) - Statistics & Facts. 2018. <https://www.statista.com/topics/2532/virtual-reality-vr/> (07.03.2019)
- [4] History Of Virtual Reality. 2017. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html> (07.03.2019)
- [5] Mis elukas on virtuaalreaalsus. 2015. <https://thetechnorat.wordpress.com/2015/01/30/mis-elukas-on-virtuaalreaalsus/> (08.03.2019)
- [6] GUI Definition. 2004. <http://www.linfo.org/gui.html> (08.03.2019)
- [7] VR Devices. 2017. <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist188480/cmul/devices.html#boom> (08.03.2019)
- [8] The Ultimate Guide to Understanding Virtual Reality (VR) Technology. 2019. <https://www.realitytechnologies.com/virtual-reality/> (08.03.2019)
- [9] Best VR Hardware: Choose Your Own Headset. 2019. <https://thinkmobiles.com/blog/best-vr-hardware/> (08.03.2019)
- [10] A. Ku. Motion Sickness in VR. 2018. <https://uxplanet.org/motion-sickness-in-vr-3fa8a78216e2> (08.03.2019)
- [11] M.vasser, K.Lomp. Madis Vasser and Karl Lomp (Futuruum VR). 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=Vf0RJECFK1M&t=704s> (08.03.2019)
- [12] What is a graphical user interface. 2018. <https://www.itpro.co.uk/operating-systems/30248/what-is-a-graphical-user-interface> (08.01.2019)
- [13] User Interface Elements. 2019. <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/user-interface-elements.html> (08.03.2019)
- [14] A. Dix, J. Finlay, G.D. Abowd, R. Beale. Human-Computer Interaction third edition. Haddington: Scotprint. 2004.
- [15] A. Robertson. AR headset company Meta shutting down after assets sold to unknown company. 2019. <https://www.theverge.com/2019/1/18/18187315/meta-vision-ar-headset-company-asset-sale-unknown-buyer-insolvent> (04.04.2019)

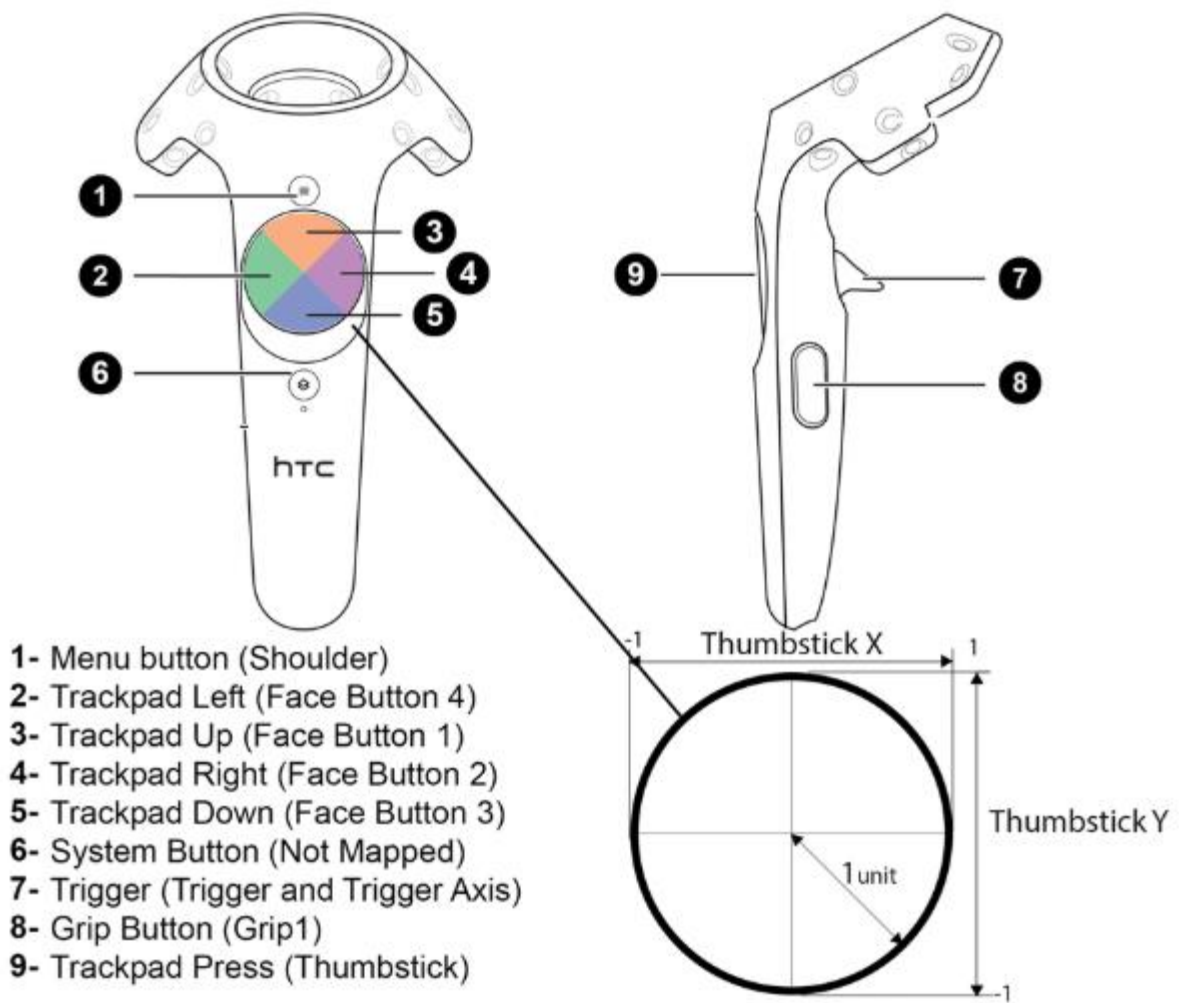
- [16] Bonifazi S., Farnè A., Rinaldesi L., Làdavas E. Dynamic size-change of peri-hand space through tool-use: spatial extension or shift of the multi-sensory area. *Journal of Neuropsychology*, 2007, nr 1, lk 14-101.
- [17] Fogassi L., Gallese V., Fadiga L., Luppino G., Matelli M., Rizzolatti G. Coding of peripersonal space in inferior premotor cortex (area F4). *Journal of Neurophysiology*, 1996, nr 76, lk 57-141
- [18] Makin T.R., Holmes N.P., Zohary E. Is that near my hand? Multisensory representation of peripersonal space in human intraparietal sulcus. *Journal of Neuroscience*, 2007, nr 27, 40-731
- [19] Computer mouse. 2019. <https://www.computerhope.com/jargon/m/mouse.htm> (08.05.2019)
- [20] VR Controller. 2019. <https://www.st.com/en/applications/virtual-augmented-reality/vr-controller.html#> (08.05.2019)
- [21] J. Hildenbrand. What is Google Cardboard. 2015. <https://www.androidcentral.com/what-google-cardboard> (10.05.2019)
- [22] Designing for Google Cardboard. 2019. <https://designguidelines.withgoogle.com/cardboard/designing-for-google-cardboard/physiological-considerations.html#physiological-considerations-user-control-of-movement> (10.05.2019)

Lisad

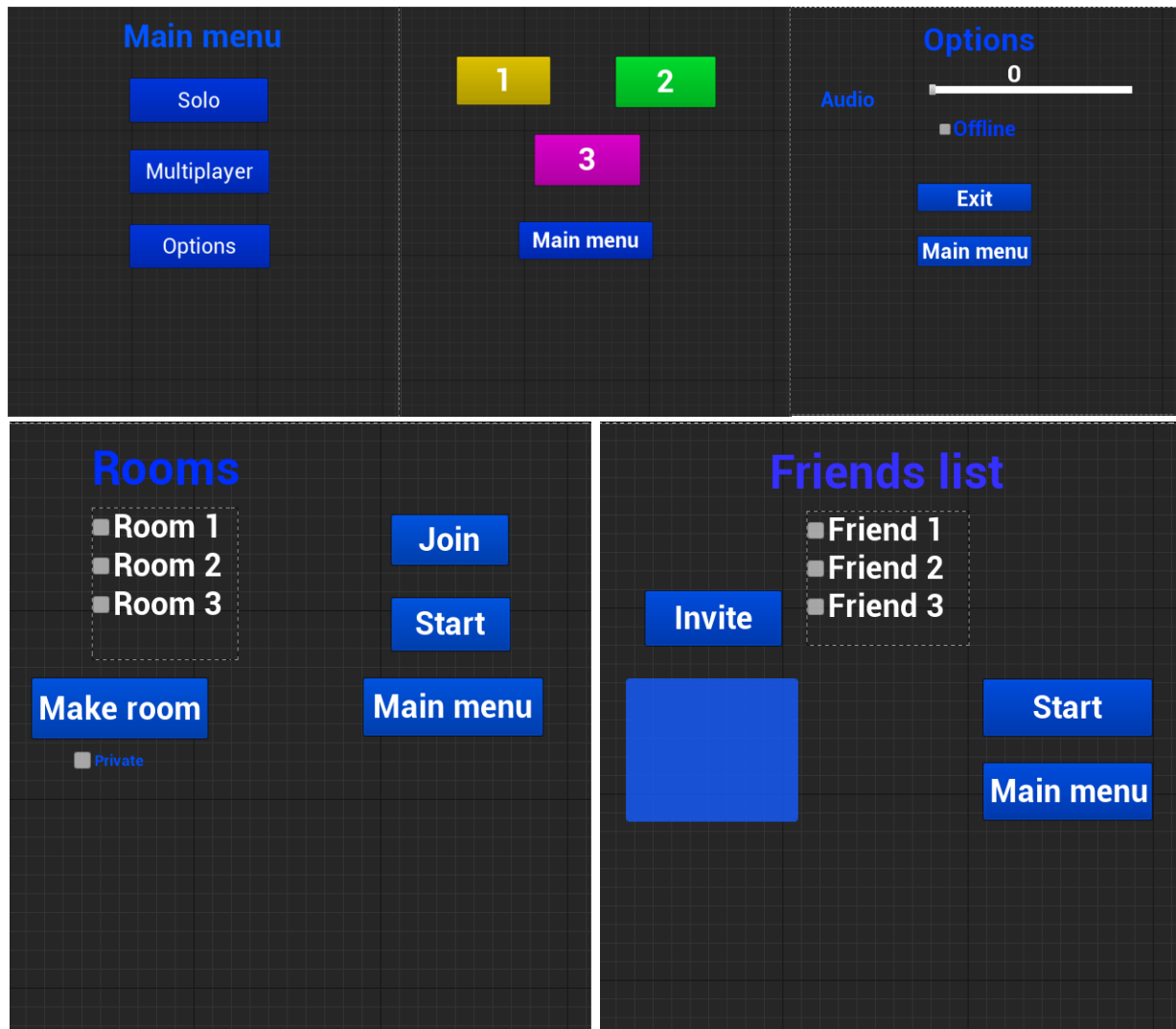
I. Futuruum VR OÜ statistika



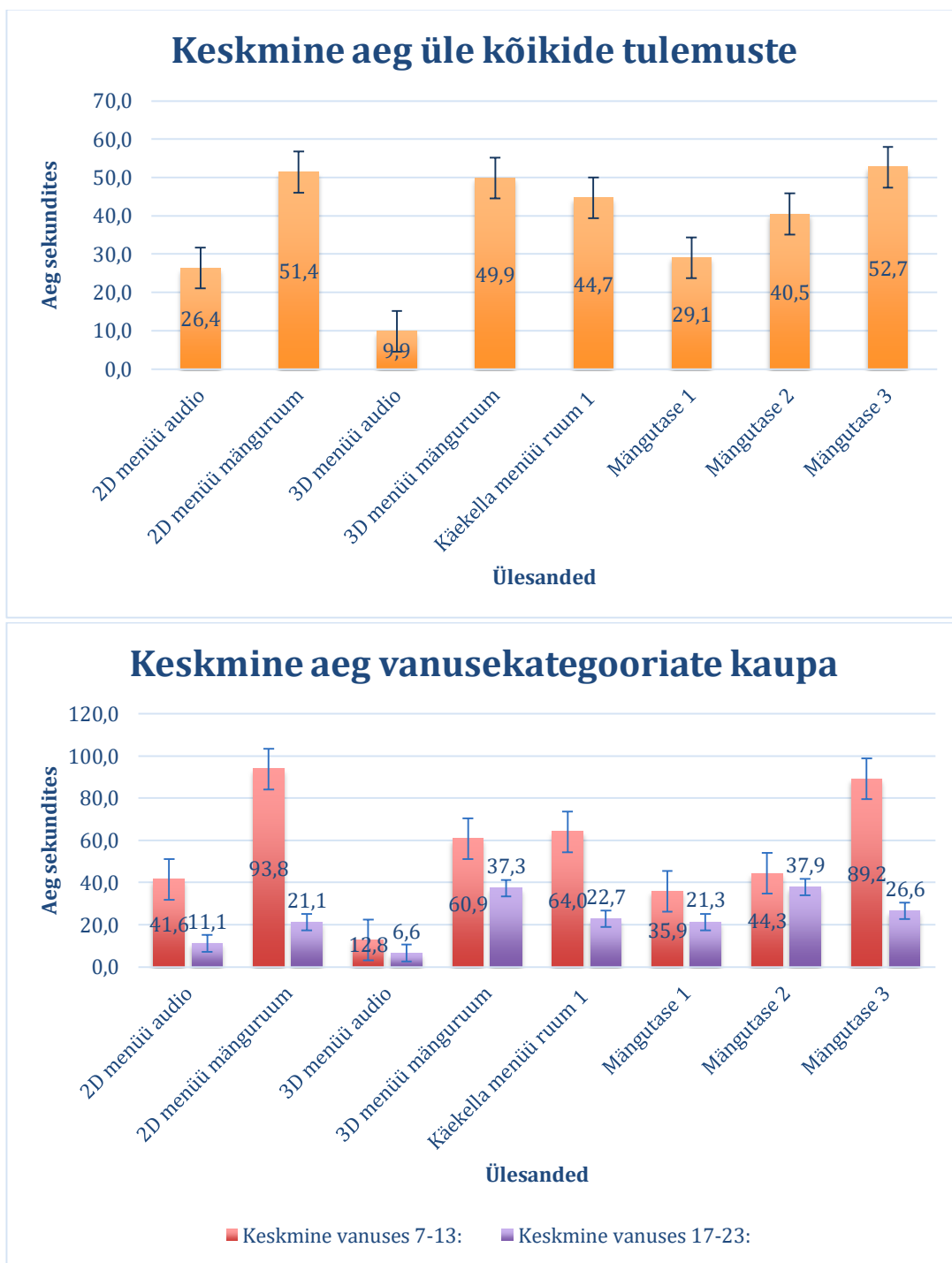
II. Kontrolleri nuppude nimed (HTC Vive)

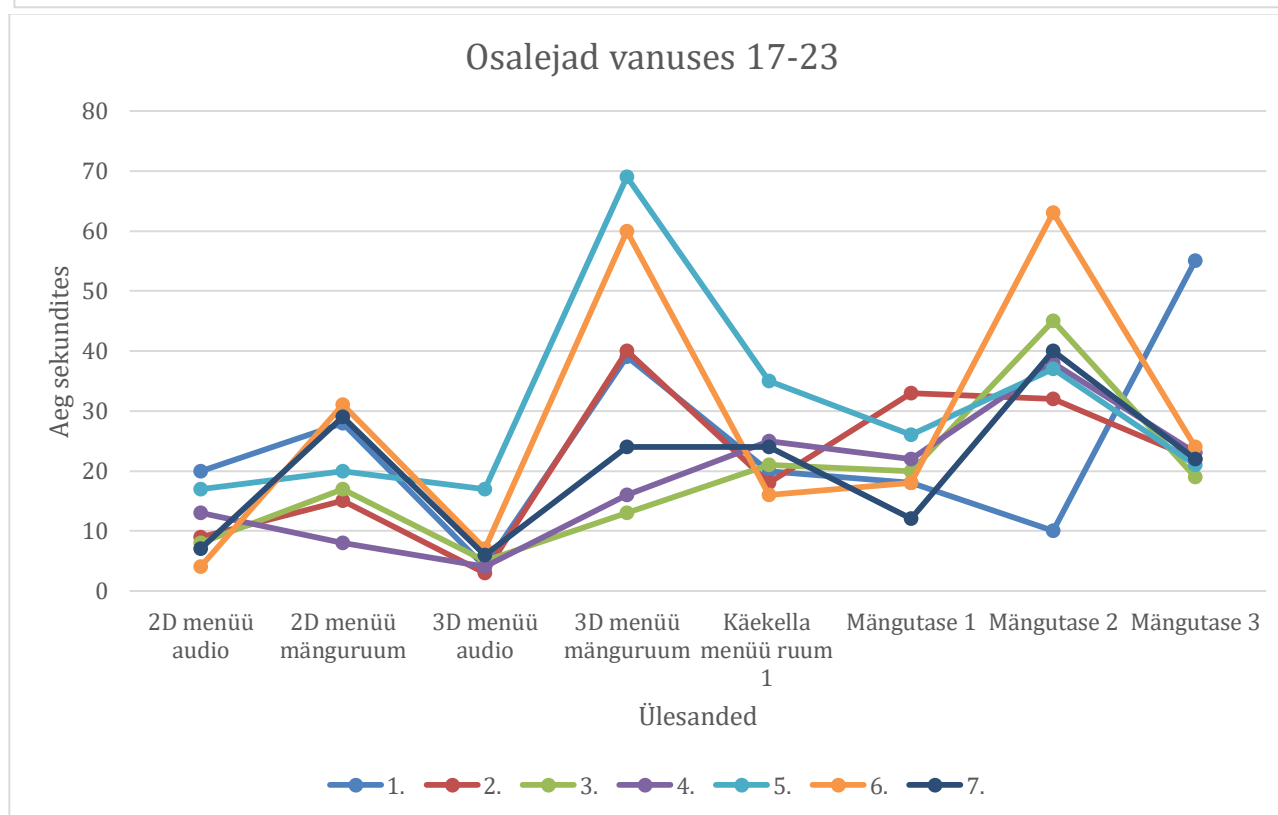
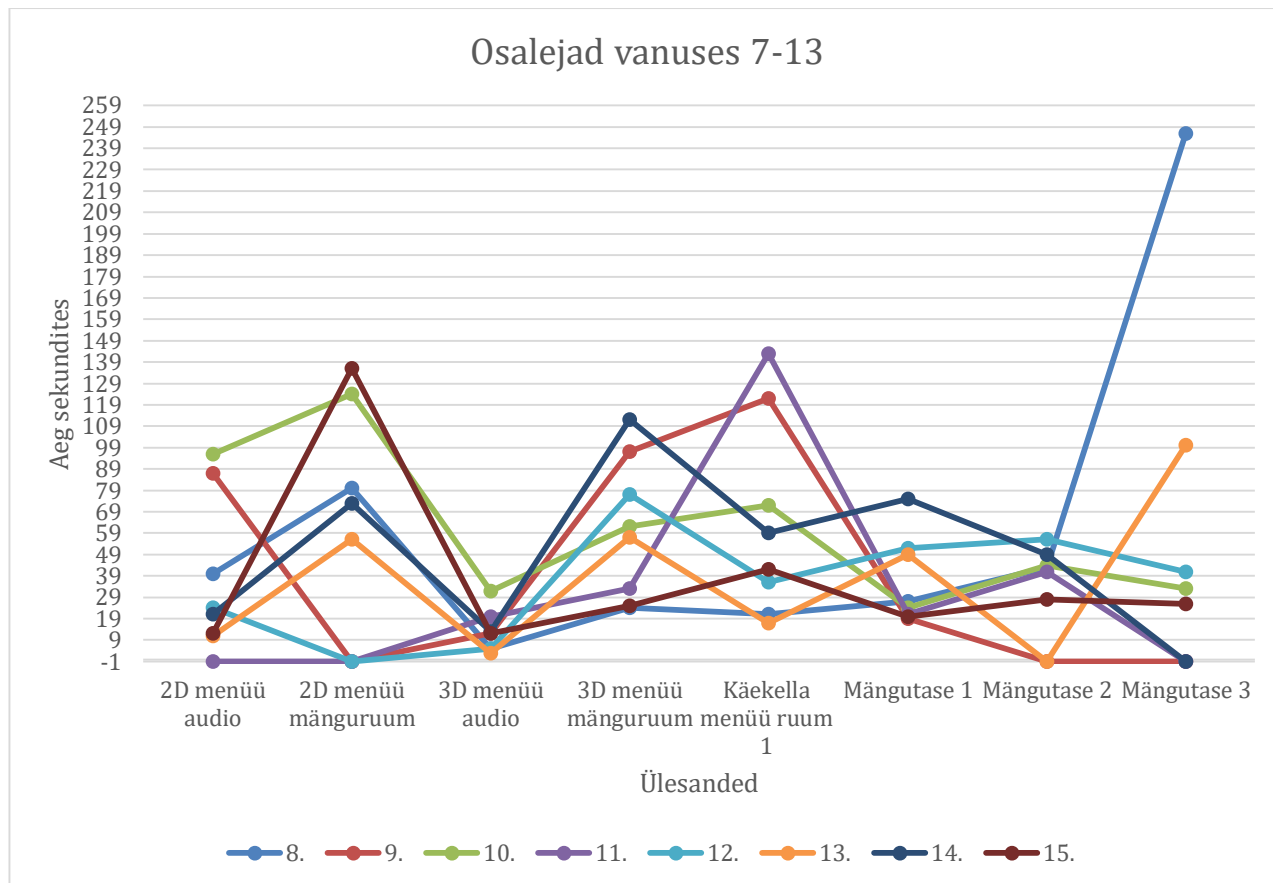


III. Kahemõõtmelise menüü kõik vaated



IV. Katsetulemuste diagrammid





V. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Salme Ussanov

(autori nimi)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
Kolmemõõtmelise kasutajaliidese disain ja arendus,
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Madis Vasser,

(juhendaja nimi)

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

1. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Salme Ussanov

06.05.2019